

Nothing can rival the beauty of a plant in Nature. In its natural habitat, immersed in a multiplicity of special conditions required for its survival, each plant provides us with an enriching, special experience.

Within this perspective, all the care taken while preparing this book take an even more important meaning. The delicate and patient work of tens of researchers has been engaged to face this challenge. Engaging the hands and eyes that sum up decades of experience of the enthusiastic idealizers and authors, allied to the leadership of the Instituto Tecnológico Vale, this work has made the National Forest of Carajás, as if by magic, spring out of these pages.

We dedicate this book to all lovers of Nature. We believe it is a living example of how Art, Science, Industry and a true passion for Nature, can be successfully combined.

Luiz E. Mello

Instituto Tecnológico Vale
CEO



Paisagens e Plantas de Carajás



Paisagens e Plantas de Carajás

Landscapes and Plants of Carajás



Landscapes and Plants of Carajás

Nada substitui a beleza de uma planta na natureza. Em seu ambiente natural, imersa em uma multiplicidade de condições específicas, a experiência deste contato direto é muito enriquecedora.

Sob esta perspectiva, a atividade e cuidados de construção deste livro tornam-se ainda mais importantes. Com o delicado e paciente trabalho de dezenas de pesquisadores, decidimos encarar esta empreitada. Com a mão e o olhar de décadas de experiência dos idealizadores e autores, aliados à liderança do Instituto Tecnológico Vale, a Floresta Nacional de Carajás foi magicamente transportada para estas páginas.

Para os amantes da natureza, dedicamos este livro. Ele é o exemplo vivo que arte, ciência, indústria e paixão pela natureza podem ser combinados, com sucesso.

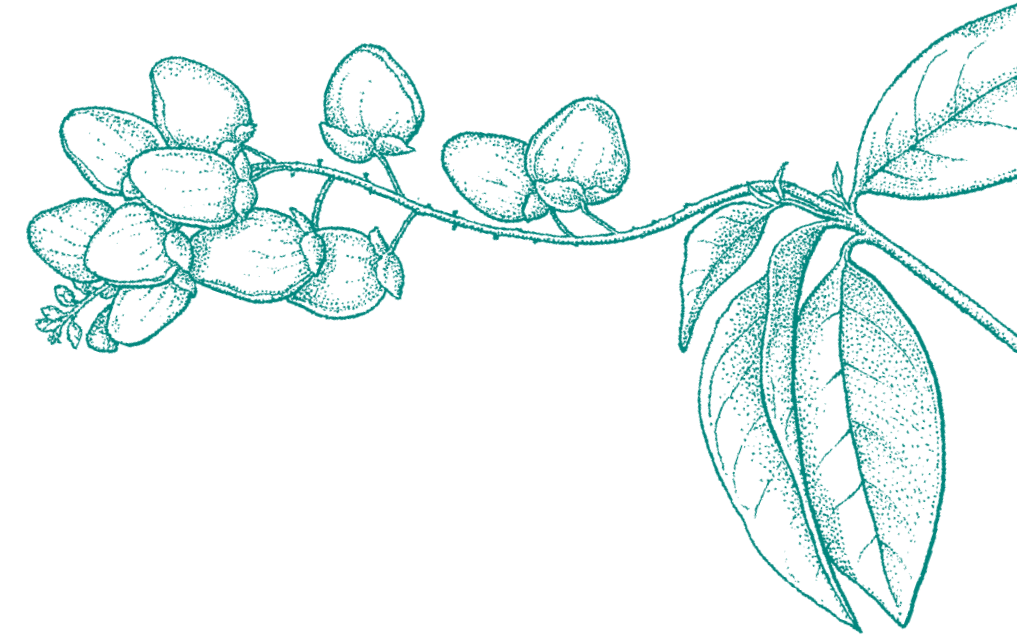
Luiz E. Mello

Instituto Tecnológico Vale
Diretor Presidente



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE





Paisagens e Plantas de Carajás

Landscapes and Plants of Carajás



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE





Semente alada do ipê-da-canga
(*Anemopaegma* sp.) caindo sobre
o conglomerado ferroso

Winged seed of *ipê-da-canga*
(*Anemopaegma* sp.) falls over
the iron-rich conglomerate

Paisagens e Plantas de Carajás

Landscapes and Plants of Carajás



Mouriri vernicosa



Fabio Schvartsman

Presidente da Vale

Depósitos de ferro afloram na crista das serras de Carajás, dividindo o espaço com uma vegetação distinta da floresta circundante, mas também diversa e única, conhecida como canga metalófila. Inserido em plena Floresta Amazônica, o grande depósito de minério de alta qualidade foi descoberto há 50 anos. O projeto de exploração representou um novo modelo de uso sustentável dos recursos naturais alinhado à preservação ambiental, culminando com a criação da Floresta Nacional de Carajás.

Qualquer empreendimento econômico baseado em recursos naturais deve minimizar, mitigar e compensar seus impactos ao meio ambiente, em especial à biodiversidade. É preciso ter um conhecimento robusto e organizado acerca de todos os componentes do ecossistema onde o empreendimento se materializa. Dispor de mecanismos apropriados para gerar e divulgar sistematicamente o conhecimento, torna-se crucial para garantir o sucesso do projeto.

Este livro ilustra a complexa paisagem da Serra dos Carajás com a descrição do trabalho dos botânicos no campo e no laboratório. A pesquisa da biodiversidade na região iniciou-se há muito tempo, porém só recentemente ganhou força ao tornar-se uma prioridade para a Vale, uma empresa cuja missão é transformar recursos naturais em prosperidade e desenvolvimento sustentável.

Do ponto de vista dos negócios, é mandatório promover a integração do conhecimento científico ao processo de produção para definir estratégias que assegurem a sustentabilidade ambiental. Essa visão contribuiu para a recente criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, incluindo a Serra do Tarzan e a Serra da Bocaina na província mineral de Carajás.

Considero esta obra um legado da mineração para a conservação da natureza na Amazônia e um reflexo de um dos valores mais importantes da Vale: cuidar do planeta.

Fabio Schwartsman

CEO of Vale

Iron-ore deposits surface on the hilltops of the Serra dos Carajás, sharing their space with a vegetation that stands out from the surrounding forest, but also diverse and unique, known as metalophyllous *canga*. This vast mineral deposit, right in the heart of the Amazon rainforest, was discovered 50 years ago. In order to make its exploration possible, the Carajás National Forest was created, and with it a new sustainable use model, aligned to environmental preservation.

Any economic enterprise based on natural resources needs to minimise, mitigate and compensate its environmental impacts, especially when biodiversity is concerned. It is necessary to have organized, robust knowledge regarding the physical and biological components of the ecosystem where the project is to take place. To have the appropriate mechanisms to promote the systematic dissemination of the knowledge is crucial to ensure the success of the business venture.

This book illustrates the complexity of the landscapes of Carajás, describing the work of the botanists in the field and in the laboratory. Biodiversity research in the area started many years ago, but it gained strength when it became a priority for our company: a firm that transforms natural resources in wealth and sustainable development.

From the viewpoint of business it is compulsory to promote the integration of scientific knowledge with the productive process, thus ensuring sustainability. This vision, coupled with the scientific baseline, motivated the recent creation of the Campos Ferruginosos National Park which includes the Serra do Tarzan and the Serra da Bocaina, within the Carajás Mineral Province.

I consider this work a legacy from the mining sector towards nature conservation in the Amazon, and a reflexion of one of the most important values for Vale: to look after the planet.

Apresentação	11
Foreword	12
1. A viagem, uma introdução incluindo geografia e localização The journey, an introduction including geography and location <i>Ana Maria Giuliatti, Pedro Walfir Martins Souza, Daniela C. Zappi</i>	13
2. A evolução da paisagem Evolution of the landscape <i>Clovis W. Maurity, Daniela C. Zappi</i>	29
3. As plantas na paisagem: distintos tipos de vegetação Plants in the landscape: different vegetation types <i>Daniela C. Zappi, Pedro L. Viana, Ana Maria Giuliatti</i>	41
4. O trabalho dos botânicos The work of botanists <i>Daniela C. Zappi, Pedro L. Viana, Nara F.O. Mota, Ana Maria Giuliatti</i>	123
5. Flora e fauna em harmonia Flora and fauna in harmony <i>Vera L. Imperatriz-Fonseca, Tereza C. Giannini</i>	205
6. O fim desta viagem The end of this journey <i>Ana Maria Giuliatti, Guilherme Oliveira, Rodolfo Jaffé</i>	219
Agradecimentos Acknowledgements	233
Bibliografia References	235
Índice de nomes científicos e nomes populares Index of scientific and common names	241

José Oswaldo Siqueira

Diretor Científico do Instituto Tecnológico Vale

O programa de botânica foi instituído pelo ITV em 2014 com o propósito de contribuir com o conhecimento sobre a flora das cangas da Serra dos Carajás, considerando um cenário de longo prazo para a mineração.

As metas estabelecidas para o programa incluíram a pesquisa científica, integração e organização do conhecimento gerado e disponível sobre as plantas, publicando uma flora completa e autenticada das espécies que ocorrem sobre a canga. Este programa conta com a colaboração de inúmeros pesquisadores e uma parceria institucional com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

A flora das cangas das serras de Carajás está sendo descrita e analisada dentro do contexto da conservação deste importante componente da biodiversidade da Amazônia, contando com cerca de 1.000 espécies de plantas, parte das quais são aqui ilustradas, assim como as paisagens onde elas ocorrem. Embora a grande maioria das espécies descritas para este ambiente não esteja sob qualquer tipo de ameaça, aquelas mencionadas nas listas oficiais como raras, endêmicas, ameaçadas e também as invasoras foram identificadas e estão sendo estudadas de forma mais aprofundada. Trabalhamos com o objetivo de contribuir para que não ocorra qualquer perda de espécies.

Em decorrência da organização deste conhecimento, são obtidas informações fundamentais para atender o marco legal de conservação da biodiversidade. Estudos com diversas abordagens das espécies críticas para a mineração e programas de recuperação ambiental são também desenvolvidos.

A presente obra ilustra parte do trabalho dos pesquisadores no estudo dos recursos biológicos da região de Carajás. Em uma abordagem que integra plantas e paisagens, conduzimos o leitor num percurso informativo e agradável, para que todos possam aumentar seu conhecimento e assim contribuir para a conservação da Amazônia.

É com satisfação que convido você a nos acompanhar nesta viagem e desfrutar de parte das maravilhas naturais de Carajás.

Foreword

José Oswaldo Siqueira

Scientific Director, Instituto Tecnológico Vale

The botany programme was instituted by ITV in 2014 in order to contribute knowledge regarding the flora of the *canga* vegetation of the Serra dos Carajás considering a long term mining scenario.

The ambitious targets of this programme include scientific research, integration and organization of the plant knowledge generated and available, and the publication of a complete, authenticated flora of the species that occur on the *canga*. This programme involves many collaborating researchers and a partnership with the Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

The flora of the *canga* vegetation of the Serra dos Carajás is being described and analysed in a conservation context. It represents an important component of Amazonian biodiversity, amassing over 1,000 species, part of them illustrated here. Over 90% of the species known for this environment are not under threat, while the ones considered rare, endemic and threatened, and also the invasives, were identified and are under in-depth study, as we work with the principle of not causing any species loss.

In the process of assembling and organizing this knowledge, a basic understanding was developed which takes into account the legal requirements of biodiversity conservation. Research involving a range of approaches was employed for those species critically important in the mining process, and for habitat restoration.

The present work illustrates the endeavour of researchers in studying natural resources of the region of Carajás, integrating landscapes with plants, leading the reader through an informative, accessible journey that enables all to increase their knowledge and contribute towards nature conservation.

I am immensely pleased to invite you to follow us in this expedition and to enjoy some of the natural wonders of Carajás.



A viagem, uma introdução
incluindo geografia e localização

*The journey, an introduction
including geography and location*

Ana Maria Giuliatti
Pedro Walfir Martins Souza
Daniela C. Zappi





Pela janela do avião vemos afastar-se o Mercado do Ver-o-Peso, legado especial da era da borracha à querida e hospitaleira cidade de Belém do Pará. Ali fica a nossa sede, o Instituto Tecnológico Vale (ITV), onde desenvolvemos pesquisas para melhorar o conhecimento sobre as plantas do maior bioma do país, a Amazônia. Estamos indo para Carajás, uma área com recursos naturais únicos e fascinantes, onde desenvolvemos nosso trabalho.

A Amazônia brasileira, cobrindo uma área de 4 milhões de quilômetros quadrados, é uma das últimas fronteiras do conhecimento⁹. Estima-se que ainda existam centenas ou milhares de organismos desconhecidos para a ciência, entre plantas, fungos, animais e microorganismos diversos. Há nesta imensidão tribos indígenas que ainda não foram contactadas após 500 anos de colonização. Em termos das plantas terrestres, referidas aqui como 'flora', sabemos que existem neste bioma uns 12 mil tipos, ou espécies, de plantas diferentes. Isso é relativamente pouco se compararmos o número conhecido na Mata Atlântica⁴¹, que ocupa uma área muito menor, cerca de 1,3 milhão de km², ou seja pouco mais do que um quarto da área da Amazônia, e possui mais de 18 mil espécies de plantas. É possível que a Mata Atlântica seja um ambiente mais rico em biodiversidade do que a Amazônia, mas sabemos que o esforço empregado no estudo da Mata Atlântica foi muito maior do que o dedicado ao conhecimento da Amazônia⁸. Precisamos empenhar mais esforços para desvendar as riquezas deste bioma.

Sabe-se pouco, mas a devastação que estamos testemunhando desde a janela é extensa. Nas proximidades de Belém há grandes áreas de várzea com floresta inundada pontuadas por manchas de floresta perturbada, que nós botânicos chamamos de floresta secundária. As nossas esplêndidas matas, conhecidas como florestas primárias, com suas árvores de mais de 50 metros de altura, foram devastadas ao longo dos 400 anos da civilização de Belém e dos seus arredores. Na zona Bragantina, os primeiros experimentos agrícolas não

Página anterior:
Lagoa das
Três Irmãs
Page before: Three
sisters lake

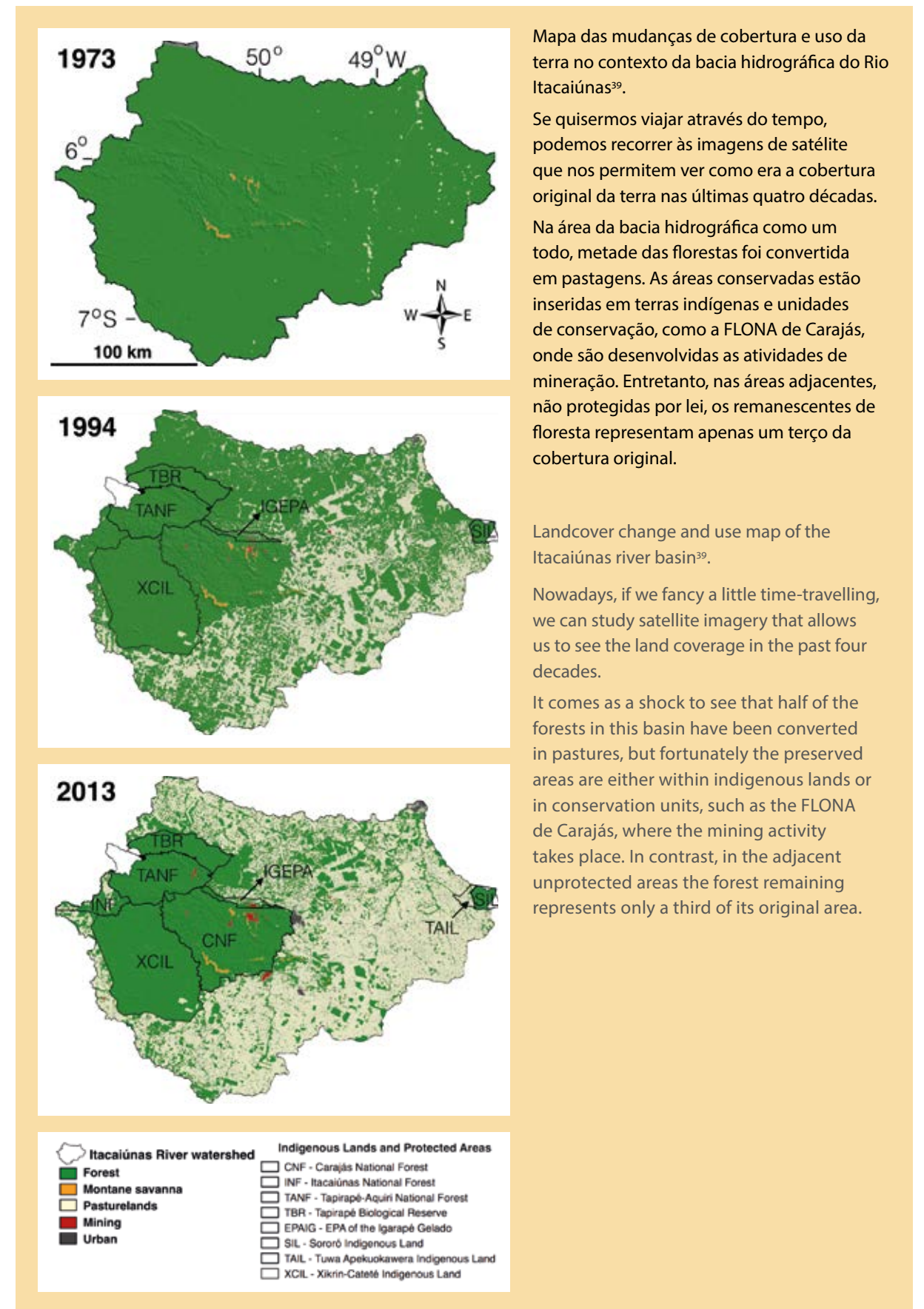
◀
Açaí (*Euterpe
oleracea*)





▲
 Área urbana da cidade de Belém em primeiro plano e a extensa floresta de várzea do Rio Guamá ao fundo
 Urban area of Belém showing in the background the flooded forest of Rio Guamá

renderam bem. O tipo de agricultura utilizado pelos europeus que colonizaram nosso país não foi compatível com o clima da região, com seus aguaceiros, seu solo arenoso e o sol inclemente. Os antigos habitantes do continente tinham outras formas de cultivar a terra para obter seus alimentos, e hoje em dia sabemos que eles deixaram um legado muito importante para nosso futuro: a possibilidade de manter a floresta em pé e de conservar e até mesmo aumentar a fertilidade do solo, cultivando dentro da floresta tudo o que precisavam para manter sua subsistência. A terra preta do índio³², vestígio dessa civilização, vem mudando a forma como vemos a agricultura no local. Talvez um dia a agro-floresta inspirada nessas técnicas milenares possa vir a substituir o cenário de devastação que avistamos aqui de cima.



Mapa das mudanças de cobertura e uso da terra no contexto da bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas³⁹.

Se quisermos viajar através do tempo, podemos recorrer às imagens de satélite que nos permitem ver como era a cobertura original da terra nas últimas quatro décadas.

Na área da bacia hidrográfica como um todo, metade das florestas foi convertida em pastagens. As áreas conservadas estão inseridas em terras indígenas e unidades de conservação, como a FLONA de Carajás, onde são desenvolvidas as atividades de mineração. Entretanto, nas áreas adjacentes, não protegidas por lei, os remanescentes de floresta representam apenas um terço da cobertura original.

Landcover change and use map of the Itacaiúnas river basin³⁹.

Nowadays, if we fancy a little time-travelling, we can study satellite imagery that allows us to see the land coverage in the past four decades.

It comes as a shock to see that half of the forests in this basin have been converted in pastures, but fortunately the preserved areas are either within indigenous lands or in conservation units, such as the FLONA de Carajás, where the mining activity takes place. In contrast, in the adjacent unprotected areas the forest remaining represents only a third of its original area.

► O Bioma Amazônia na América do Sul e as terras indígenas e unidades de conservação do Estado do Pará. Nota: Figura gerada a partir de um modelo digital de terreno do GTOPO 30 (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>), mosaico de imagens do Landsat 8 na composição 6R5G4B produzido pela Solved Soluções em Geomática na plataforma Google Earth Engine /

The Amazon in South America and the indigenous lands and parks and reserves in the state of Pará. Note: Figure generated from a land digital model GTOPO 30 (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>), Landsat 8 image mosaic in the 6R5G4B composition in Solved Solutions in Geomatics using Google Earth Engine

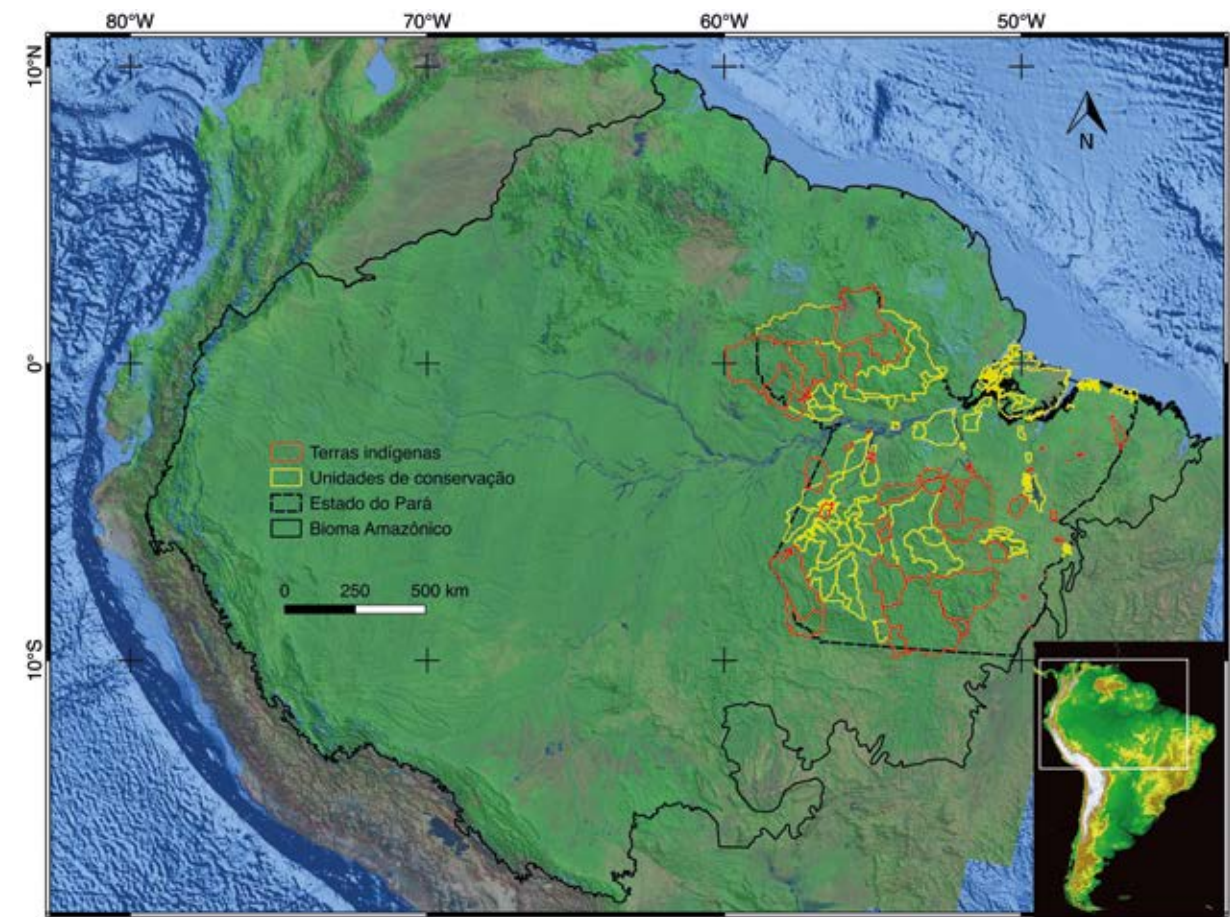
O avião agora rumo para o sul, seguindo um imenso rio em direção às cabeceiras. O Rio Tocantins, como outros rios da Amazônia, possui grande potencial de produção de energia hidrelétrica. Nessa área ainda dá para distinguir florestas intocadas, mas também as famosas espinhas-de-peixe criadas pela retirada de madeira nas proximidades da BR-010 que liga Belém a Brasília. Em menos de uma hora avistamos a Serra dos Carajás, com altitudes entre 600 e 800 m, rodeada por grande mancha de floresta verdejante, começamos a descer, e a FLONA de Carajás, a uns 580 km de Belém, nos surpreende em toda a sua extensão.

Criada em 1998 com a finalidade de garantir a preservação da natureza, a Floresta Nacional de Carajás, ou FLONA de Carajás, com quase 412 mil hectares, é uma área protegida pelo governo federal numa categoria diferente dos conhecidos Parques Nacionais e Reservas Biológicas, criados com a finalidade de preservação total. Nas FLONAS é possível realizar atividades extrativistas desde que estas sejam sustentáveis. Existem no Brasil 65 FLONAS federais (14 delas no estado do Pará), e a FLONA de Carajás destaca-se por abrigar, além da floresta densa que esperamos encontrar na Amazônia, uma área descampada com vegetação aberta que ocorre sobre uma imensa jazida de minério de ferro, conhecida como uma das maiores províncias minerais do mundo³. Essa área conhecida como canga possui solo pedregoso rico em ferro e em outros minérios e abriga plantas baixas que nós chamamos de arbustos e ervas, crescendo em lugares onde a sobrevivência é um verdadeiro desafio. Lá existem também grandes lagos cristalinos represados pelas rochas, e cavernas subterrâneas que abrigam animais misteriosos.



► Vista do Mercado do Ver-o-Peso, construído em 1901, símbolo da cidade de Belém do Pará

View of the Ver-o-Peso market build in 1901 and symbol of the city of Belém do Pará



O avião está prestes a pousar no Aeroporto de Carajás no município de Parauapebas, região sul do Pará, nas coordenadas de 6°6'36"S e 50°00'30"W. O aeroporto fica no extremo leste da FLONA de Carajás. A Serra dos Carajás é formada por um conjunto de serras que se estendem desde São Félix do Xingu até Canaã dos Carajás e Curionópolis. A FLONA inclui a Serra Norte, em Parauapebas e a Serra Sul em Canaã dos Carajás, enquanto a Serra do Tarzan e a Serra da Bocaina foram incluídas recentemente no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. A altitude dessas serras varia entre 500 e 800 m acima do nível do mar, com clima sazonal dividido em estação seca e estação chuvosa⁴⁶. A quantidade de chuva que cai por aqui é surpreendente, atingindo até 1.700 milímetros por ano, caindo principalmente durante os meses de janeiro, fevereiro e março. Mas como estamos no mês de novembro, é difícil de imaginar chuva neste lugar. Está tudo seco, vemos apenas poucas ervas que sobrevivem à estiagem e que estão formando frutos, e alguns arbustos já com as folhas murchas, mas ficamos surpresos com algumas plantas florescendo em tais condições, como o mandacaru-da-canga que nos dá as boas vindas – bem dizem no Nordeste que ele “fulora na seca”.



▲
O deflorestamento acarreta consequências ambientais sérias, como assoreamento dos rios, perda da fauna e flora local e mudanças climáticas

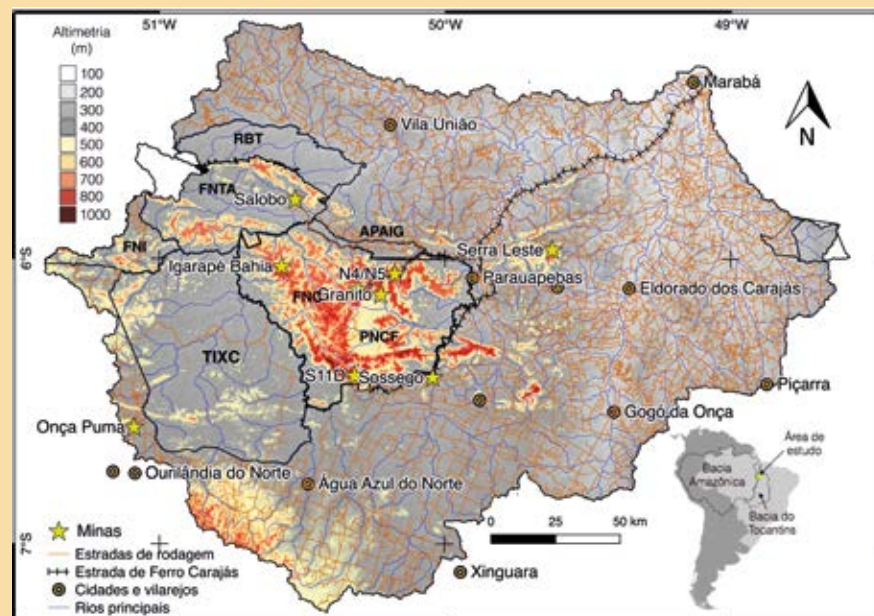
From the window of the airplane we say farewell to the ‘Ver-o-peso’ market, legacy from the rubber boom to the hospitable and charming city of Belém do Pará, where we are based at the Instituto Tecnológico Vale (ITV) developing research aimed at improving our knowledge regarding the plants of the largest Brazilian biome, the Amazon Rainforest. We are going to work in Carajás, an area unique in its fascinating natural resources.

The Brazilian Amazon covers roughly an area of 4 million square kilometers and is one of the last frontiers of knowledge on the planet¹⁹. We estimate that there are hundreds or thousands of unknown organisms yet to be discovered if we consider the plants, fungi, animals and micro-organisms. There are indigenous tribes that have not been contacted after 500 years of colonization. The present number for land dwelling plants, that are referred to here as flora, is in the measure of 12 thousand different kinds, or species. This number is relatively low when compared with the number of land plants in the Atlantic Rainforest, a biome that

occupies a much smaller area of around 1.3 million km², a little more than one quarter of the area of the Amazon Rainforest⁴¹, and has 18 thousand recorded species. It is possible that the Atlantic Rainforest is indeed more biodiverse than the Amazon, however we know that the sampling effort in the Atlantic Rainforest has been much greater than the collecting carried out thus far in the Amazon Rainforest⁸. It is necessary to increase efforts to unveil the richness of this biome.

Little is known, however destruction is rampant, as we can see from the window. Near Belém we can see large expanses of flooded forest in the flat lands, while in the higher ground we observe fragments of disturbed tall forest known as secondary forest. Our splendid tall forests, known as primary forests, where trees may reach over 50 metres tall have been destroyed during 400 years of civilization in the surroundings of this city. The region of Bragança, to the east, suffered from the first agricultural experiments that ended up in a bad way. The kind of agriculture used by the Europeans that colonized this country is not

▲
Deforestation brings about serious environmental consequences, such as river silting, loss of local fauna and flora and climate change



Localização – Bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas ilustrada a partir de um modelo digital de terreno (SRTM). As unidades de conservação e terras indígenas na região são a Apa do Igarapé Gelado (APAIG), FLONA de Carajás (FNC), FLONA do Itacaiúna (FNI), FLONA Tapirapéaquiri (FNTA), Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNC). Reserva Biológica do Tapirapé (RBT) e Terra Indígena Xikrin do Rio Cateté (TIXC).

Location – Itacaiúnas river basin from a digital terrain model (SRTM). Preserved areas in this region are Apa do Igarapé Gelado (APAIG), FLONA de Carajás (FNC), FLONA do Itacaiúna (FNI), FLONA Tapirapéaquiri (FNTA), Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNC). Reserva Biológica do Tapirapé (RBT) e Terra Indígena Xikrin do Rio Cateté (TIXC).

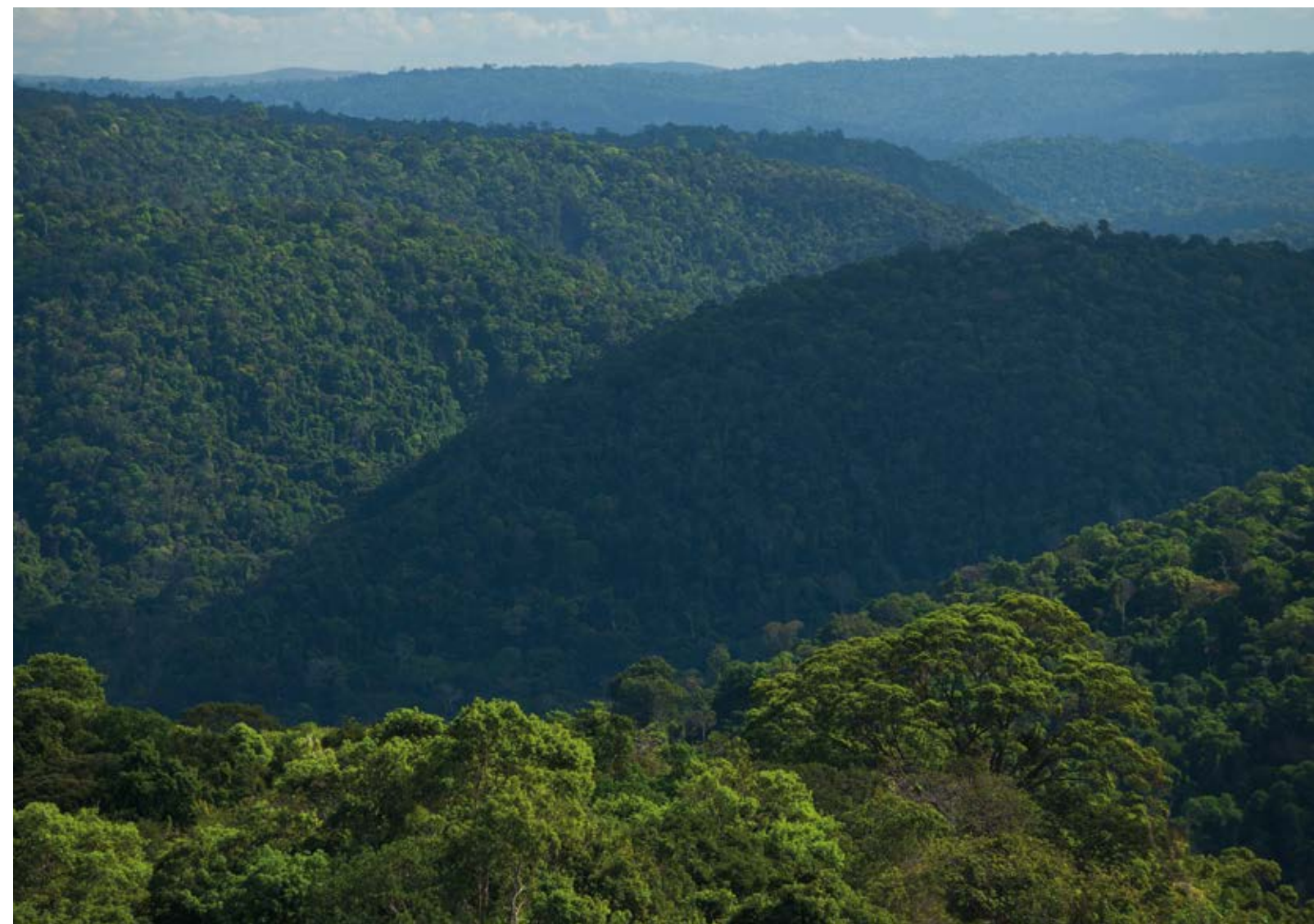
compatible with the local climate with its formidable storms, its sandy soil and strong and vertical equatorial sunshine. The original inhabitants of this continent had different ways to grow their food, and we know now that they left a legacy that will potentially be incredibly useful: the possibility to keep the forest standing, maintaining and even increasing the fertility of the soil by growing all that is needed to subsist within the forest environment. The indian dark earth³² or *terra preta do índio* is evidence that the way to practice agriculture locally would benefit from a radical change. Perhaps one day agro-forestry practices inspired by these millennium old techniques will come to substitute the scenery of devastation that we witness right now from up here.

The airplane now flies southwards, following a giant river and its affluents towards its headwaters. The Rio Tocantins, as many other Amazonian rivers, has a huge potential for hydroelectric power production. In this area we still

see untouched forest, however the famous fish bone patterns created by the extraction of wood around the BR-010 road that links Belém to Brasília are very frequent. Within less than an hour we start to see the Serra dos Carajás, reaching altitudes between 600 and 800 m, surrounded by a large patch of dark green forest, and we start to descend towards the impressive FLONA de Carajás, located some 580 km from Belém as the crow flies.

Created in 1998 in order to ensure environmental conservation, this FLONA, or Floresta Nacional, with almost 412 thousand hectares, is an area protected by the federal government in a category that differs from the National Parks and Biological Reserves, the latter two created with the intention of total preservation. Within a FLONA it is possible to perform extractive activities as long as these are sustainable. There are currently 65 FLONAS in Brazil, 14 of them within the state

Vista aérea da FLONA de Carajás
FLONA de Carajás
aerial view



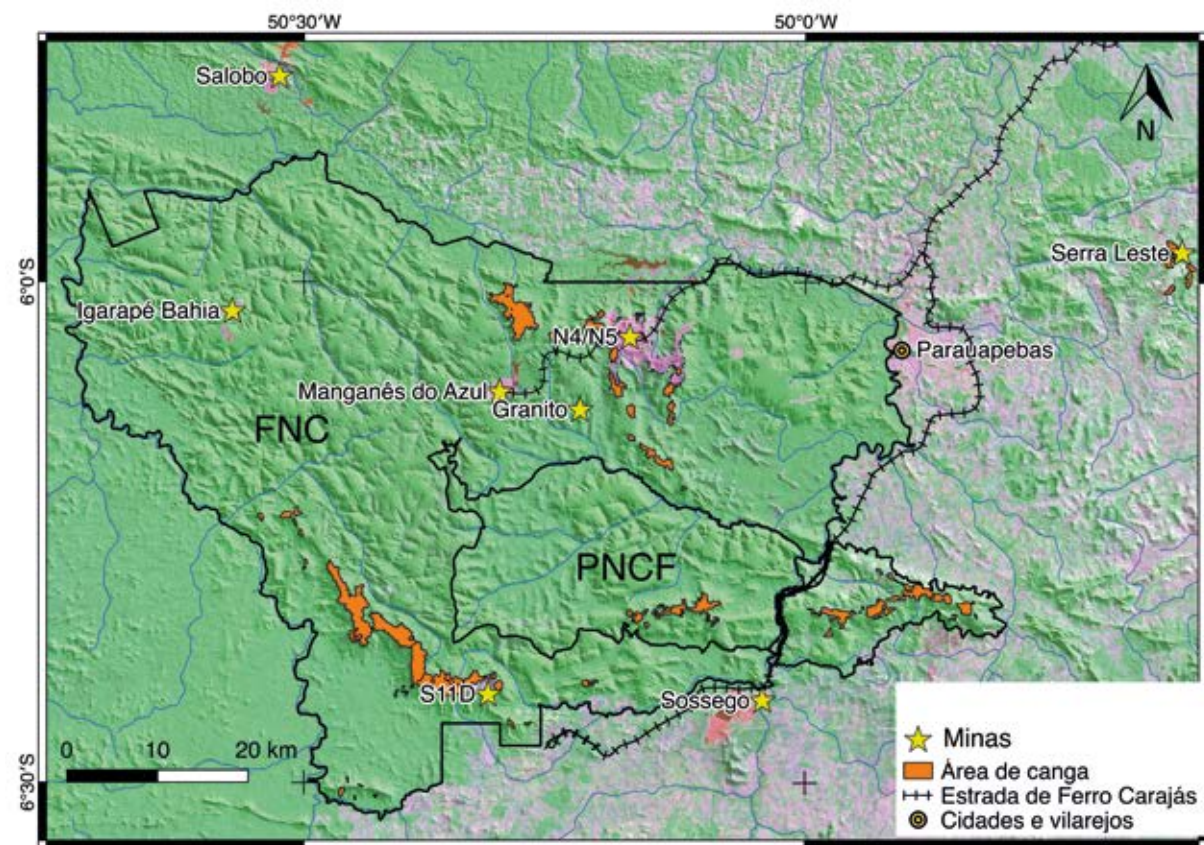
Mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*)
florescendo no fim da estação seca

Mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*)
flowering at the end of the dry season



of Pará, and the one in Carajás is special because it houses, alongside the dense forest that we expect to find in the Amazon Rainforest, an area of open, field-like vegetation that occurs over an immense deposit of iron-ore, known locally as *canga*. This represents one of the largest mineral provinces of the world³, and this stony soil, rich in iron and other minerals houses low growing plants that we refer to as shrubs and herbs, growing in places where survival is a real challenge. Large transparent lakes are held by these rocks while caves and cavities formed inside the rocks are home to mysterious and unique animals.

The plane is about to land at Carajás Airport in the municipality of Parauapebas, in the south of Pará state, located between 6°6'36"S and 50°00'30"W. The airport lies at the east of the FLONA de Carajás. The Serra dos



Carajás comprises a group of mountain ranges that extends from São Félix do Xingu to Canaã dos Carajás mountain range. The FLONA includes Serra Norte, in Parauapebas and Serra Sul in Canaã dos Carajás, and the Serra do Tarzan and Serra da Bocaina were recently included in a new National Park, the *Parque Nacional dos Campos Ferruginosos*. The altitude of these ranges varies between 500 and 800 m above sea level and the climate there is divided between a dry and a wet season⁴⁵. The amount of precipitation is surprising, with up to 1,700 millimetres falling per year mostly between January, February and March. As we are in the month of November, it is difficult to imagine rain ever falling in this place. Everything is dry and the few plants that survive this drought are forming fruits, and many have withered leaves. Only the cactus locally known as *mandacaru-da-canga* receives us with its white bloom – a Brazilian northeastern country song starts with the words: ‘When the mandacaru flowers in the drought...’

▲ A FLONA de Carajás (FNC) e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF) no contexto das áreas de canga e de mineração / FLONA de Carajás (FNC) and the Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF) in the context of the canga and mining areas

2

A evolução da paisagem *Evolution of the landscape*

Clovis W. Maurity
Daniela C. Zappi





O primeiro contato com as serras despertou nossa curiosidade em saber como essa estranha paisagem surgiu. Para nossa sorte, estávamos na companhia de um geólogo com profunda experiência nesta região. Segundo ele, a paisagem da Serra dos Carajás é composta por dois elementos de paisagem, chamados domínios geomorfológicos⁹. O primeiro é conhecido como Planalto Dissecado do Sul do Pará, enquanto que o outro domínio chama-se Depressão Periférica do Sul do Pará. Formado por um conjunto de serras com topos expostos e aplainados, ou seja, achatados, o Planalto Dissecado atinge elevações entre 600 e 800 metros de altitude. Por outro lado, a Depressão Periférica é uma grande região rebaixada, coberta por florestas, encontrada geralmente entre as cotas de 200 a 400 metros de altitude. Inicialmente a linha do horizonte era mais ou menos contínua, e as regiões rebaixadas formaram-se através da erosão que causando um desgaste chamado desnudamento, e que criou formas de colinas suaves nas regiões baixas.

A história geológica do relevo da Serra dos Carajás começa no momento em que a região do sul do Pará era uma extensa planície. Este terreno contínuo foi sendo levantado, ou erguido, em lentos soerguimentos gerais durante um longo espaço de tempo, a partir do final do período geológico conhecido como Cretáceo, que durou pelo menos 70 milhões de anos. A altitude da região aumentou devagar, num processo que se chama ascensão tectônica lenta. Camadas de terra foram impulsionadas para cima devido à movimentação dos continentes. Esse ganho de altitude favoreceu a formação da paisagem que vemos hoje.

A reconstituição do ambiente antigo, ou paleoambiente, é feita através de observações geológicas. Estudos geomorfológicos do Brasil contam o que aconteceu durante o passado geológico, quando o continente Sul Americano era bem mais rebaixado do que o que vemos atualmente². A antiga paisagem do continente, ou paleopaisagem, era constituída por vastas planícies

◀ Vista aérea da canga mostrando lagoa temporária e encostas cobertas de vegetação arbustiva

Aerial view of the canga showing temporary lake and hills covered in shrubby vegetation

Vista da borda dos platôs do Planalto Dissecado intercalados com Depressões Periféricas nos vales

View of the edge of part of the Dissected Plateau intercalated with the Peripheral Depression



semelhantes ao que existe atualmente no continente africano. Até mesmo o clima antigo, ou paleoclima, era geralmente árido, favorecendo uma cobertura vegetal rala semelhante às savanas e estepes, parecidas com o nosso Cerrado. Lembramos a ele que esse período geológico coincidiu com os primeiros registros fósseis das Poaceae²³, a família que inclui o capim, o arroz e o milho, que é muito rica nesse tipo de ambiente, mas que a diversificação das mesmas ainda demorou vários milhões de anos. As formigas também já estavam presentes há 80 milhões de anos atrás.

Ao longo desse intervalo de tempo, vários episódios de aplainamento foram se sobrepondo numa busca de estabilidade, chamada pelos geólogos de equilíbrio isostático dos continentes, que é uma tendência global de arrasar as montanhas e preencher os mares. Esse processo gerou uma complexa formação de depósitos de detritos que se solidificaram e cobriram a superfície dos terrenos. Neste contexto o ferro, como um elemento químico abundante



que está tanto disponível na região e é solúvel na água, é o principal provocador do endurecimento. O ferro tem propriedades específicas pois pode ser dissolvido pelas águas superficiais e se concentrar quando a água evapora, endurecendo o terreno.

Os depósitos de detritos vão lentamente sendo endurecidos com a cimentação causada pelos oxi-hidróxidos de ferro, onde espaços vazios são preenchidos gradativamente. Esses oxi-hidróxidos de ferro são dissolvidos e arrastados pelas águas das drenagens, precipitando e cristalizando conforme as águas secavam, especialmente durante períodos de seca. Dessa forma, os detritos formam agregados rígidos, semelhantes a uma rocha muito dura e de difícil penetração, chamada couraça laterítica ou canga. É assim que se forma a crosta laterítica com alto conteúdo de ferro, que é a principal cobertura dos platôs da Serra dos Carajás.

Porém, nem tudo é uniforme na natureza. Existem partes do terreno que não sofreram esse processo de formação de crosta laterítica. Nesses casos a erosão do terreno foi muito mais forte, desenvolvendo depressões em torno dos platôs. Desse modo chegou-se à paisagem formada por Planaltos e Depressões no sul do Pará.

Nessa evolução do relevo, mudanças climáticas também ocorreram ao longo do tempo geológico. Essas mudanças foram responsáveis pela seleção das espécies que formam a vegetação presente no local. Solo foi se formando nos vales que retinham mais umidade e resíduos erodidos, favorecendo o estabelecimento de vegetação florestal, enquanto a superfícies dos terrenos elevados permaneceu favorável para as plantas arbustivas e herbáceas de hábito rupestre.



Material ferruginoso de textura argilosa que resseca e endurece como cimento, unindo os detritos

Ferruginous, silt looking material that dries up and hardens, forming a cement that aggregates the detritus



Pedrinhas – os detritos solidificados da canga são movidos pelos cursos d'água durante a estação das chuvas, acumulando-se em áreas mais baixas.

Pebbles – solidified *canga* detritus are moved by rivers during the wet season, accumulating in lower areas.

Nosso amigo geólogo acredita que, no panorama da região de Carajás, registros da vegetação antiga estão preservados nas superfícies dos platôs. Clareiras de vegetação rala sobre um substrato de canga evidenciam o quanto é antigo esse ambiente que vem passando por variações climáticas desde o período Cretáceo'. Nesse paleoambiente, as savanas predominavam na vasta extensão da planície onde havia um paleoclima predominantemente árido³⁷. Hoje em dia a vegetação encontrada nas clareiras das superfícies dos platôs provém ao menos em parte desse paleoambiente onde o clima árido reinante sobre a couraça de canga determinou sua adaptação a um regime de estresse, seja por insolação extrema a 6 graus ao sul da linha do equador, ou por ausência de solo resultando em pouca retenção das águas superficiais nos vãos e fendas das rochas expostas.

As superfícies geradas pelo desgaste conhecido como pediplanação são difíceis de visualizar pois, ao longo do tempo geológico, os eventos mais recentes apagam ou mascaram o registro de eventos mais antigos, fazendo com que os geólogos registrem somente as superfícies mais marcantes. É provável que a dinâmica de formação das crostas lateríticas tenha influenciado as populações das espécies vegetais que crescem sobre a canga, que sofreram diversas fases de isolamento e reunião, com algumas sendo localmente extintas, à medida que o substrato passou por múltiplos eventos de individualização topográfica.

Tais situações podem ter sido determinantes na evolução de espécies únicas em determinadas serras da região.

Desse modo, entender a história evolutiva do relevo da Serra dos Carajás pode nos ajudar a compreender os diversos tipos de ambiente que foram gerados e que deram uma variabilidade de aspectos aos diversos pontos observados na extensão da serra. Uma parcela desses ambientes ainda tem como herança as linhagens vegetais originadas no Cretáceo, que foram sendo enriquecidas por outras espécies ou especializando-se ao longo do tempo.

The first contact with the region has awakened our curiosity regarding the creation of this strange landscape. We were lucky enough to share the company of a geologist with deep experience in the area.

According to him the landscape of the Serra dos Carajás is formed by two main elements, known as geomorphological dominium⁹, namely the Southern Pará Dissected Plateau and the Southern Pará Peripheric Depression. While the Plateau is formed by a group of mountain ranges with exposed flattened tops, reaching altitudes of between 600 and 800 m above sea level, the Depression is a large plain covered by forest, found generally between altitudes of 200 and 400 m. Initially the horizon was more or less continuous and the lower regions were formed through a type of erosion known as denudation, that created gentle hills in the lowlands.

Canga exposta
Exposed *canga*





▲
**Superfícies
 aplainadas
 com substrato
 ferruginoso
 observadas
 nos platôs**
 Flattened surfaces
 with iron substrate
 observed on
 the plateaux

The geological history of the landscape and relief of the Serra dos Carajás started when southern Pará was an extensive plain. This continuous terrain was lifted slowly through a long time scale which started at the end of the geological period known as the Cretaceous, that lasted for more than 70 million years. The altitude of the region increased gradually, through a process called slow tectonic uplift. Layers of rock were pushed upwards through the movement of continents. It was the gain in altitude that favoured the formation of today's landscape.

The reconstitution of an ancient environment, or paleoenvironment is understood through geological observations. Geomorphology studies of Brazil tell what happened in the geological past, when South America was much lower than it is today². The old landscape, or paleolandscape, was constituted by broad plains that are similar to what is found today in Africa. Even the paleoclimate was generally arid, favouring a scant plant cover similar to the savannas and grasslands that resemble the Brazilian *Cerrado*. I remind him that this geological period coincided with the diversification of the Poaceae²³, a plant family that includes grasses, rice and corn, and that is very diverse in this type of environment. Animal groups such as ants were also present 80 million years ago.

Throughout this long time gap many flattening episodes overlapped in a search of stability that the geologists call the isostatic balance of continents, a global trend to flatten mountains and fill in the oceans. This process has generated

a complex formation of deposits of detritus that solidified and covered the surface terrains. Within this context iron, an abundant chemical element that is both widely available in the region and water soluble, is the main promoter of this hardening process.

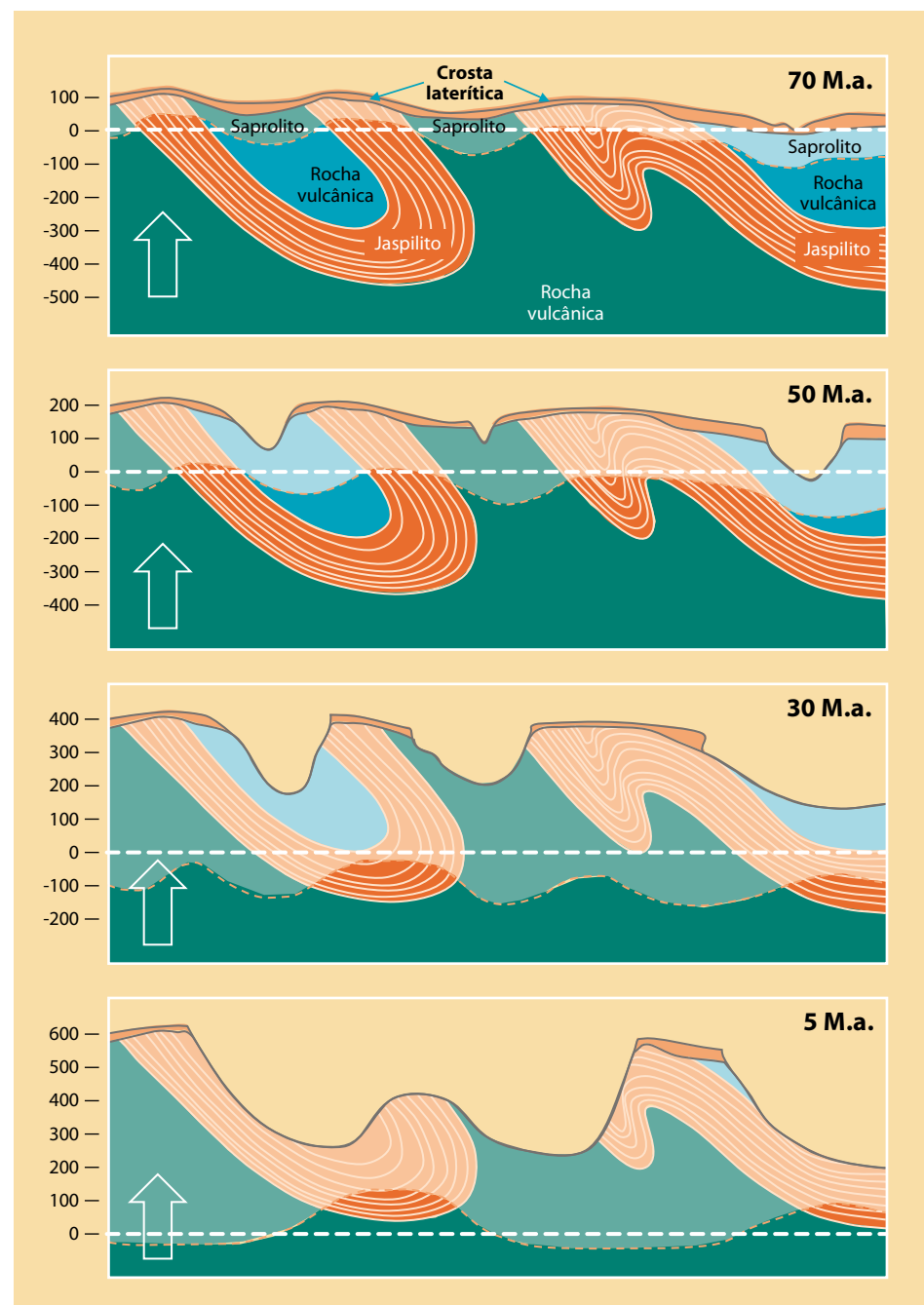
The deposits of detritus are hardened slowly through the cementing of iron oxy-hydroxides where empty spaces are gradually filled up. Such iron oxy-hydroxides are transported dissolved in the draining waters and precipitate and crystallise out when the waters evaporate, especially during droughts. The detritus deposits form a rigid aggregated material consisting of a very hard, impervious rock known as lateritic crust or *canga*. Thus, the iron-rich lateritic crust that chiefly covers the hilltops of the Serra dos Carajás is formed.

However uniformity is not always found in nature. There were parts of the terrain that did not fall under the formation of lateritic crust. In such cases, the erosion was much stronger, causing the development of depressions around the plateaux, thus leading to the landscape of Plateaus and Depressions we find in southern Pará.

There has been climate change through this long history of geological time, and these changes were responsible for the selection of species that form the local vegetation. While soil accumulated in the more humid valleys where more eroded residues gathered, making it more opportune for the establishment of

forests, the surface of the hilltops remained favourable for shrubs and herbs that grow on rocky places.

Our friend the geologist believes that, in the Carajás region, ancient vegetation records are still preserved on the hilltops. Clearings with sparse vegetation on the harsh *canga* substrate illustrate the old age of this environment that has been exposed to climatic variation from the Cretaceous period¹. In the former paleoenvironment the savanna occupied the vast extension of a predominantly arid paleoclimate³⁷. Nowadays the vegetation found on the hilltops may be a relict of the



original plants that survived the arid climate on the canga crust that determined a series of adaptations to the extreme conditions of luminosity and heat found on this substrate at barely 6 degrees south of the equator. For several months of the year there is little water retention and availability in the scant amount of soil that exists between fissures and in pockets on the rocks.

The successive surfaces created by erosion, known as pediplanation, are difficult to visualize as, through the geologic time, the more recent events erase or mask the previous events, thus the geologists record only the more marked surfaces. It is probable that the lateritic crust dynamic may have influenced the plant species that grow upon the *canga* through different phases of isolation and reunion, even with local extinctions, while the substrate suffered multiple events of topographic individualization. Such situations may have determined the evolution of unique species in some of the hilltops that are markedly different from others.

It is interesting how the understanding of the evolution of the landscape in the Serra dos Carajás may help us to understand the different environments found there and that give such a rich mosaic of aspects to the different points studied throughout this mountain range. A part of these environments still keeps the heritage of plant lineages that originated during the Cretaceous that either were enriched with other species or became more specialized with the passing of time.

▲
Depressão
Periférica vista
do alto da serra
Peripheric
Depression seen
from the top
of the hills

3

As plantas na paisagem:
distintos tipos de vegetação

*Plants in the landscape:
different vegetation types*

Daniela C. Zappi
Pedro L. Viana
Ana Maria Giuliatti





Passamos várias horas preparando nossa excursão para a FLONA. O trabalho de campo de um biólogo envolve riscos, mas esses são previstos e discutidos antes de colocarmos o pé no mato. Isso inclui desde a roupa que usamos para proteger-nos, os instrumentos que manejamos, até o horário das saídas de campo e mesmo regras definidas sobre quando podemos continuar e quando é melhor retornar à base são importantes e devem ser seguidas.

O trabalho de campo envolvendo contato com a natureza é muito instigante e revitalizante. Porém, durante o trabalho, devemos resistir certa tentação para viver uma grande aventura. Nossa prioridade é de fazer um bom trabalho, amostrando e fotografando as plantas do local, trazendo essas amostras de volta para o herbário e banco de DNA de forma segura. Para trabalhar em locais remotos, exercendo atividades físicas enquanto estamos expostos à intempérie e à presença de animais silvestres, todo cuidado é pouco!

Finalmente no carro, cintos apertados, seguimos pela rodovia PA-275 atravessando as áreas perturbadas nas proximidades de Parauapebas. Passaram-se quase cinquenta anos desde o desbravamento desta região e, durante esse tempo, estradas foram abertas e árvores foram cortadas, dando lugar a vilas e cidades junto aos pastos e às roças. A poucos graus da linha do equador, o sol forte castiga os habitantes do lugar.

Eventualmente entramos na floresta. É muito comum que as pessoas da cidade pensem que todas as florestas são iguais, mas olhando cuidadosamente podemos ver vários tipos diferentes. Na Amazônia, elas têm nomes locais como mata de igapó, mata de várzea, mata de terra-firme, mata de cipó e mata seca. Cada um desses tipos de mata cresce num determinado tipo de solo, com características distintas como umidade, altitude, declividade, pH, permeabilidade, grau de alagamento, etc.

Existem espécies de plantas mais comuns em um determinado tipo de mata, que chamamos de dominantes. Por exemplo, ao cruzar o Rio Parauapebas, ainda

nas proximidades da cidade, avistamos o açai (*Euterpe oleracea*), uma palmeira muito comum na beira dos rios em todo o estado do Pará. Esse conceito de dominância é muito interessante e a noção de que as plantas da Amazônia são muito comuns vêm desse predomínio de uma centena de espécies amplamente distribuídas, mas na verdade existem muitas outras que às vezes passam despercebidas pois são muito menos comuns⁴³.

Mas como reconhecemos todos esses tipos de mata? Observando a altura, densidade, número de camadas dentro da floresta, quantidade de lianas ou trepadeiras, presença de palmeiras e notando exemplares de uma lista de espécies mais frequentes e consideradas dominantes para cada tipo de vegetação, chegamos ao nosso diagnóstico.

* * *

We spend many hours preparing for our expedition to the FLONA. A biologist's fieldwork involves a series of risks, but these are considered and discussed before we step on to the site. Concerns include protective clothes, knowledge in handling instruments and even the timing of our visits. Clear rules stating when we may continue and when is better to return to base are important and need to be followed.

Our field expeditions involve contact with nature and can be very exciting and a source of positive energy. However, while at work, we must resist a certain temptation to live a grand adventure. Our priority is to turn out good work, sampling and photographing plants in their place of origin, bringing these samples back to the herbarium and DNA bank in a safe manner. All caution is needed to develop



work in remote places doing physical work while exposed to nature's forces, and even to wild animals!

Finally we board our car, seat-belts fastened, take the PA-275 road that crosses disturbed areas nearby Parauapebas. It has been almost fifty years since this region was colonized and, during this time, many roads were opened and many trees felled, while cities and villages grew near to pastures and cultivated land. Very close to the equator, the sun is strong and hits hard on the locals.

Eventually the road crosses better preserved forest. It is very common for people who live in cities to think that all forests are the same, but if we look carefully we may spot many different types. In the Amazon, such forests have local names, being known as *mata de igapó*, *mata de várzea*, *mata de terra-firme*, *mata de cipó* and *mata seca*. Each one of these types of forest grows on a particular type of soil, with differing levels of moisture, altitude, slope, pH, permeability, water retention, etc.

Some plant species are more common in a determinate type of forest, being called dominant. For example, when we cross the Rio Parauapebas, near the city, we see the açai (*Euterpe oleracea*), a very common palm that grows along river edges throughout the state of Pará. It is interesting to consider that the notion that Amazon plants are very common comes from this predominance of about a hundred of species that are very widely distributed, but that in truth there are many other species that go unnoticed because they are much less common than the others⁴³.

But how is it that we recognize such forest types? By observing the height of the trees and shrubs, their density, the number of layers within each forest, the presence and abundance of lianas and climbers, presence of palms, and making notes on the most frequent and dominant species we may be able to state what type of forest we are visiting.





Sombra e ar condicionado...

Vamos então descobrir o tipo de mata pela qual estamos passando, dentro da FLONA, a uns 15 km do aeroporto de Parauapebas. Estacionamos à sombra de grandes árvores. Impressionante como o clima é diferente quando a gente entra na floresta, parece até que ligaram o ar condicionado. Estamos num local plano, com pouca declividade. Olhando para cima vemos como as árvores mais altas formam uma cobertura chamada dossel, que aqui é descontínua, e nós tentamos estimar a sua altura. As copas dessas árvores estão entre 20 e 35 metros de altura. Aqui e ali vemos uma árvore maior, que chamamos emergente, com ramos e copa estendendo-se por volta de 10 metros acima do restante, entre as quais podemos ver castanheiras (*Bertholletia excelsa*), cinzeiro (*Erismia uncinatum*), quarubarana (*Vochysia maxima*), matá-matá (*Eschweilera* spp.) e o tronco enorme da árvore que porta o nutritivo pequiá (*Caryocar villosum*).

Usando nossos binóculos podemos observar, nas forquilhas das grandes árvores, sobretudo daquelas com casca espessa e ramos horizontais, plantas que crescem sobre os galhos. Estas plantas não são parasitas, estão simplesmente aproveitando o suporte oferecido pelos ramos, sem retirar nenhum nutriente das plantas sobre as quais se apoiam. São as chamadas epífitas (o nome vem dos radicais gregos epi – sobre e fitos – planta)’. Geralmente as sementes dessas plantas germinam no alto da floresta, seja levadas pelo vento, como as orquídeas e muitas bromélias, ou são dispersas por animais, como o epifilo (*Epiphyllum phyllanthus*). Algumas dessas plantas germinam no solo e crescem rente aos troncos das árvores, como os imbés (*Monstera dilacerata*) que, quando atingem um local propício lá no alto, param de subir e formam folhas maiores e raízes aéreas, deixando de depender naquele ramo inicial preso ao solo. Essas plantas são conhecidas como hemiepífitas.

◀
*Adiantum
cajennense*



▲
Pequiá
(*Caryocar villosum*)

Outro tipo interessante de forma de vida encontrado nas florestas são os chamados mata-paus, que podem ser da família da figueira (*Ficus* sp.) ou parentes do bacupari (*Clusia* sp.). As suas sementes são trazidas por animais para os ramos das árvores altas, e estas plantas germinam lá em cima. Diferentemente das epífitas, que são herbáceas e possuem raízes adaptadas para absorver a água da chuva, estas plantas vigorosas produzem raízes lenhosas que se projetam em direção ao solo em tal profusão que criam uma rede que encobre os ramos e o tronco da árvore hospedeira sobre a qual germinaram. O crescimento deste hóspede malgrado é tão fenomenal que ele termina por sufocar seu hospedeiro.

Abaixo das copas, podemos distinguir uma camada descontínua de arvoretas de até 10 m de altura. Essas árvores formam o subosque, juntamente com árvores jovens das espécies do dossel e emergentes. Palmeiras como o injá (*Attalea phalerata*) e a bacaba de leque (*Oenocarpus distichus*). Escadas-de-jabutí (*Phanera* spp.) e outras lianas lenhosas, também conhecidas como cipós, podem ser vistas desde o solo, com seus ramos retorcidos subindo até perder de vista no dossel.

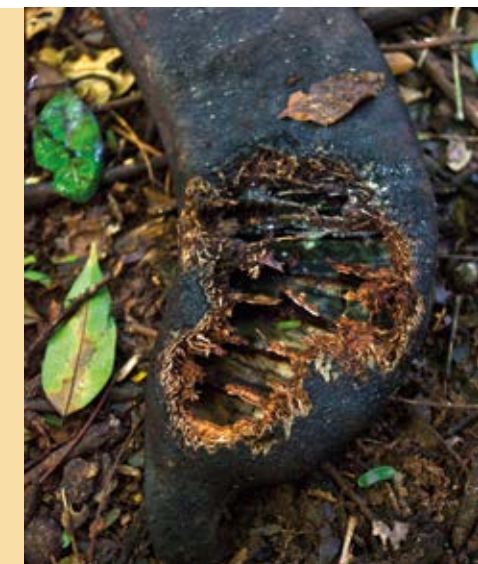
No solo, entre e sobre as raízes das árvores vemos um grande acúmulo de folhas secas, tocos de madeira, fungos, pétalas e frutos, que em conjunto formam uma camada chamada de serapilheira, mas não há água acumulada em poças. No meio da serapilheira podemos encontrar pequenas ervas de cores variadas, brancas, amarelas, rosadas e vermelhas, algumas parasitando raízes, como *Helosis cayennensis* e *Langsdorffia hypogaea*, e outras decompositoras, como as *Voyria*. É essa camada úmida de folhas que protege um universo oculto onde as raízes desenvolvem-se e respiram, associando-se a diversos micro-organismos que são responsáveis pela ciclagem de nutrientes.

Muitos dos elementos encontrados no chão ajudam o botânico a identificar o que está acontecendo lá em cima. Uma flor de matá-matá, um ouriço de castanha-do-Pará, uma cápsula seca de quarubarana, uma semente espinhuda de pequiá já quase sem polpa nos ajudam a determinar as plantas. Para termos certeza, Seu

▶
Hemiepífitas como o imbé (*Monstera dilacerata*) (esquerda) e a *Asplundia xiphophylla* (direita) crescem no dossel
Hemiepiphytes such as imbé (*Monstera dilacerata*) (left) and *Asplundia xiphophylla* (right) grow in the canopy

Favas de visgueiro (*Parkia multijuga*) – também conhecido como faveiro, é uma árvore emergente da família do feijão (Fabaceae) cujas flores pêndulas são polinizadas por morcegos. Após a polinização, os frutos que lembram grandes vagens ficam dependurados nos ramos e eventualmente caem no solo da floresta. Mamíferos terrestres como a cotia e a paca quebram as vagens com os dentes, procurando extrair as sementes. Como parte do processo, algumas sementes são dispersas e germinam, dando continuidade à propagação da espécie.

Visgueiro pods (*Parkia multijuga*) – also known as *faveiro*, this emergent tree from the bean family (Fabaceae) has bat pollinated hanging flowers. After pollination, large pods hang from the branches and eventually fall to the forest floor. Agouti and other terrestrial mammals break the pods trying to extract the seeds. As part of this process, some seeds are missed and germinate, propagating the species.



Delmo, nosso técnico-de-campo, bate com o terçado sobre os troncos, tirando uma lasca da madeira e examinando. Ele cheira, toca e até prova o sabor da lasca, buscando dicas que o ajudem a decidir o grupo ou mesmo a espécie à qual uma árvore pertence. Ele explica que a castanheira tem casca grossa, um leve cheiro de azeite rançoso e fibras resistentes, conhecidas como enviras, que podemos notar quando puxamos a casca do pedacinho de madeira cortado. Já a quarubarana, tem cor cinza e casca com profundas fissuras, entrecasca clara e cerne mais escuro, com odor imperceptível quando cortada. O tronco do pequiá, com grandes sapopembas, possui casca castanho-escura desprendendo-se em pedaços





quadrangulares, e o interior claro, seco, sem cheiro. Concluímos através de nossas observações que estamos numa mata de terra-firme, conhecida pelos biólogos como floresta ombrófila⁴⁵. Na região de Carajás a maioria destas florestas apresenta dossel descontínuo, sendo classificada como floresta ombrófila aberta, conhecidas popularmente como mata-de-cipó. Falaremos um pouco mais sobre esse tipo de floresta mais adiante.

* * *

Fresh water, shade and air conditioning...

Let's observe the forest we are crossing now, driving through the FLONA, at 15 km from the airport of Parauapebas. We park in the shade of large, impressive trees. It is possible to notice how the climate changes when we enter the forest, it seems that the air conditioning is on in there. We walk on flat ground and when we look up we can see that the tall trees form a covering known as the canopy, that is discontinuous, or broken, in this area. We estimate its height is between 20 and 35 metres, and here and there we see a larger tree, spreading its branches about 10 metres above the others, known as an emergent. Amongst these we can see Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*), cinzeiro (*Erismia uncinatum*), quarubarana (*Vochysia maxima*), matá-matá (*Eschweilera* spp.) and the huge trunk of the tree that has a nourishing fruit called *pequiá* (*Caryocar villosum*).

◀
Briófitas (*Zelometeorium patulum*) sobre arvoreta na floresta
Bryophyte (*Zelometeorium patulum*) on treelet in the forest

Flores e frutos na serapilheira, onde a matéria orgânica sofre a ação dos decompositores que garantem a ciclagem de carbono e nutrientes, fertilizando a floresta
Flowers and fruits among the leaf litter, where the activity of decomposers ensures the carbon and nutrient cycles, fertilizing the forest



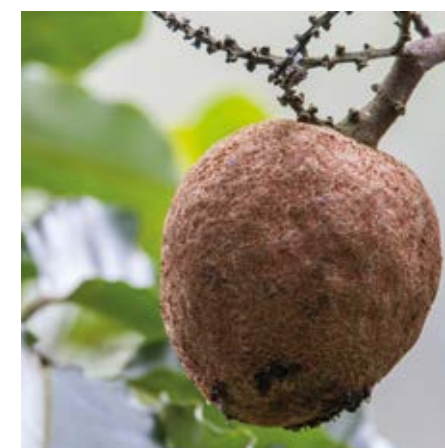


Using our binoculars we can see plants growing on the forks of the large trees, especially when they have rough, thick bark and horizontal branches. Such plants are not parasites, they are simply taking advantage of the support provided by the branches, and do not take any of their nutrients from the plant that hosts them. They are known as epiphytes (from the Greek Epi – on top of or upon, and fitos – plant)⁷. Their seeds sprout high up on the trees, having been carried there by wind, as happens to orchids and many bromeliads, or are dispersed by animals, as in the case of the leaf-cactus (*Epiphyllum phyllanthus*). Some of these plants germinate on the forest floor and grow pressed against tree-trunks, such as the swiss-cheese plant (*Monstera dilacerata*) until when they reach a suitable place on the canopy, form larger leaves and aerial, dangling roots, and do no longer depend on the initial soil-rooted stem. Such plants are known as hemiepiphytes.

Another interesting life form found in these forests is known as *mata-pau* (literally tree-killer), that may be from the fig family (*Ficus* spp.) or related to the mangosteen (*Clusia* spp.). Their seeds are carried by animals to the tree-tops where they germinate. They differ from herbaceous epiphytes with roots adapted to absorb water directly from the air and rain, as they are much more vigorous plants that produce huge woody roots that travel downwards towards the forest

◀
Voyria aurantiaca

◀
Voyria tenella



Ouriços de castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) – protegida por lei no Brasil devido à importância de seus frutos para a população da Amazônia, esta árvore pertence à mesma família da sapucaia (Lecythidaceae). Sobressaindo acima do dossel, possui flores muito especializadas, polinizadas por abelhas que precisam passar por entre os estames e uma estrutura estéril parecida com uma escova que ‘varre’ o pólen em direção à parte feminina, ou estigma, da flor. Um ano após sua polinização, os frutos amadurecem e caem no solo. São frutos arredondados e pesados que podem matar uma pessoa ao cair dessa altura, conhecidos como ouriços, que acomodam em média 20 castanhas, cada uma recoberta por uma casca rígida. Cotias e pacas possuem dentes afiados, capazes de roer o ouriço e libertar

as castanhas, roendo algumas e enterrando outras para um momento de necessidade. Esquecendo-se do local exato onde guardaram o tesouro, contribuem para a dispersão e propagação da espécie.

Brazil-nut fruits (*Bertholletia excelsa*) – protected by law in Brazil due to the importance of its fruits to the Amazon people, this tree belongs to the same family as the cannon-ball tree (Lecythidaceae). Emerging well above the canopy, it has highly specialized flowers pollinated by very specific bees that need to pass between the stamens and a brush-like structure that sweeps the pollen from the bee’s back and on to the stigma, facilitating pollination. A year after pollination, ripe fruits fall onto the forest floor. These large, woody fruits may kill a person if they hit from high above, and are known in Brazil as *ourichos*, meaning urchins. Each *ouricho* accommodates around 20 nuts each covered in a very hard shell. Agoutis and other rodents have the sharp teeth needed to gnaw the fruit, setting the seeds loose. They then eat a few and bury the rest for later. Like squirrels, they forget the exact place where they put their treasure and thereby contribute to the dispersal and propagation of the species.

floor, covering the branches and the trunk of the host tree where they initially germinated. The vigorous growth of this ungrateful guest is so phenomenal that it ends up by suffocating the host plant, strangling it.

Below the canopy we can distinguish a discontinuous layer of trees up to 10 metres tall. Such trees form the understory, together with young specimens of trees from the canopy. Palms include *inajá* (*Attalea phalerata*) and *bacaba-de-leque* (*Oenocarpus distichus*). Tortoise-stepladders (*Phanera* spp.) and other woody lianas also known locally as *cipós* may be seen from the ground, with their twisting and turning branches disappearing into the canopy.

At ground level, between and over the roots, we observe a large quantity of accumulated dry leaves, pieces of wood, fungi, petals and fruits that form a layer known as leaf-litter, but without water gathering in puddles. Amidst the leaf-litter we may see white, yellow, pinkish and red herbs, some of them parasitising roots, such as *Helosis cayennensis* and *Langsdorffia hypogaea*, and others that decompose rotten matter and belonging to the genus *Voyria*. This layer of leaves protects a secret universe where the roots develop and breath, and are associated to many micro-organisms that are responsible for the nutrient cycle.

Many remains found on the forest floor aid us to identify what is going on up there. A *matá-matá* flower, the fruit of the Brazil-nut, a capsule of *quarubarana*,

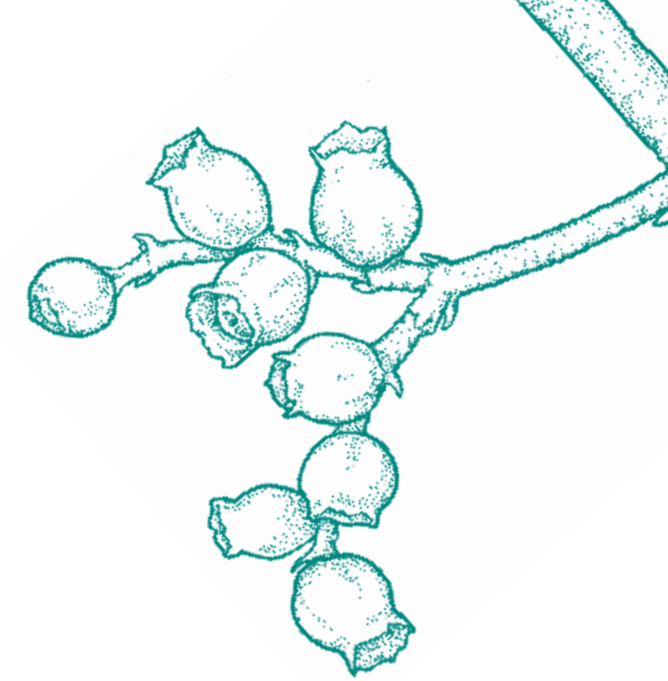


a spiny seed of *pequiá* almost without pulp give clues of the species found in a forest. To help us with this task, Seu Delmo, our forester, hits tree-trunks with his machete, taking a sliver of wood and examining it. He smells it, touches, and even tastes the piece of wood, looking for hints that determine which group the plant belongs to. He explains that the Brazil-nut has thick, fissured bark, a slight smell of linseed oil and very resistant fibres that we notice when pulling the bark off a branch. On the other hand the *quarubarana*, has grey, thick, fissured bark, scentless, light bark with dark center beneath. The *pequiá* trunk has buttresses, dark brown bark that breaks into square plates, and is pale, scentless and dry inside. From all this information gathered we can conclude we are in some sort of *terra-firme* forest, which we botanists call ombrophilous forest⁴⁵. In the FLONA de Carajás most of these forests have a discontinuous or broken canopy, and are classified as open ombrophilous forest, locally known as *mata-de-cipó*. We will tell you a bit more about this vegetation type later on in this chapter.

▲
Neblina na floresta
Mist over the forest



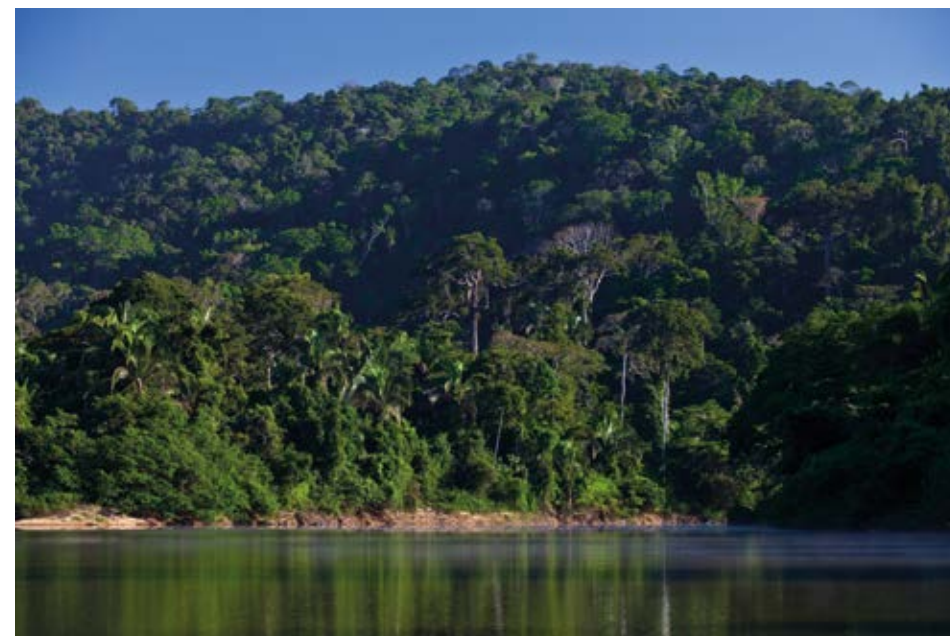
Imbé lançando raízes em direção ao solo da floresta
Philodendron with roots dangling towards the forest floor



A terceira margem do rio

Existem muitos tipos de solo e drenagem, e estes também influenciam o conjunto de plantas que são capazes de crescer em cada local. Por exemplo, nas proximidades de grandes rios como o Rio Parauapebas e o Rio Itacaiúnas, nos remansos alagados e constantemente fertilizados pelas águas que sobem durante a estação chuvosa e baixam na estação seca, existe uma mata diferente, que chamamos de mata de várzea, ou floresta ombrófila inundada⁴⁵. Por outro lado, seguindo os rios mais estreitos, como o Rio Gelado, encontramos a mata de igapó. Nesta região, estes tipos de florestas que acompanham os rios ocorrem a uma

◀
Igarapé



◀
Várzea

altitude menor do que a da mata de terra-firme. Algumas árvores atingem 30 ou mais metros de altura, enquanto na mata de igapó o dossel pode ser denso, na mata de várzea este é descontínuo e difícil de distinguir.

A capacidade de tolerância das espécies de mata inundada, cujos troncos permanecem sob a água durante meses durante a estação chuvosa, é impressionante. Entre elas, o arapari (*Macrolobium acaciifolium*) debruçado sobre a água, possui flores coloridas seguidas por grandes vagens portando uma semente em forma de moeda enquanto as densas frondes do ingazeiro (*Inga flagelliformis*) tem tufos de flores que se abrem no fim do dia, atraindo mariposas e morcegos. Nessa vegetação, diversas espécies de arará e cambuí derrubam frutos na água para alegria dos pacus, que disputam vorazmente o alimento.

Diversas palmeiras, além do tão popular açai (*Euterpe oleracea*) e do buriti (*Mauritia flexuosa*), ou mauriti, como é conhecido na Amazônia, também ocorrem em áreas alagadas. A buritirana (*Mauritiella armata*) e o ubuçu (*Manicaria saccifera*) são importantes fontes de matéria prima para a população local. Estas palmeiras ocorrem nas matas de igapó, e suas raízes podem ficar debaixo d'água por parte do ano. Outras plantas, como o pente-de-macaco (*Apeiba tibourbou*) possui frutos estranhos, leves e peludos, que relembram uma escova, e que flutuam na correnteza dos rios, utilizando a água para efetuar a dispersão de suas sementes.

Igapó





Sete-pernas (*Socratea exorrhiza*) – Esta palmeira, adaptada para crescer em ambientes alagados com solo úmido é dotada de várias raízes escora para garantir que a palmeira continue ereta. Apoiada em suas muitas 'pernas', parece mover-se lentamente no solo da floresta, inclinando-se em direção à luz e emitindo novas raízes à medida que cresce.

Sete-pernas (*Socratea exorrhiza*) – A palm tree adapted to grow in flooded, wet soil, it has many supporting roots that enable it to continue erect in unstable conditions. Supported by these special legs (or *pernas*), this palm seems to be walking through the forest, while its crown reaches up for the light, and its trunk produces further supporting roots.



Arara canindé alimentando-se de frutos de buriti (*Mauritia flexuosa*)

Blue and yellow macaws feeding on fruits of buriti (*Mauritia flexuosa*)



Andiroba (*Carapa guianensis*) – esta árvore aromática pertence à família do cedro e do mogno (Meliaceae) e suas sementes são utilizadas para produzir o muito procurado óleo de andiroba, com propriedades medicinais anti-inflamatórias e utilizada na indústria de cosméticos. Esse produto também pode ser utilizado no combate ao mosquito da dengue (*Aedes aegypti*), como larvicida e repelente. As árvores atingindo 30 m de altura crescem também em mata de terra firme, produzindo pequenas flores de cor creme e frutos arredondados, maciços, contendo algumas sementes marrons cada um.

Andiroba (*Carapa guianensis*) – this aromatic tree belongs to the mahogany family (Meliaceae) and has large seeds that are used to produce andiroba oil, a very sought after product with anti-inflammatory and cosmetic applications. This oil can also be employed in combating the dengue mosquito (*Aedes aegypti*) as it kills the larvae and works as a natural repellent. The trees reach 30 m tall and also grow in terra-firme forest, producing small cream flowers and round, woody fruits that contain a few brown, smooth seeds.

The third margin of the river

Different soil types and drainage situations have an effect on the species of plants that are able to grow in each location. As an example, in the proximity of large rivers such as the Rio Parauapebas and Rio Itacaiúnas, with their flooded margins that are constantly fertilized by the waters that raise during the rainy season and go down during the dry period, there is a different forest that is known as *mata de várzea*, technically speaking a flooded ombrophilous forest⁴⁵. On the other hand, narrower rivers also known as *igarapés*, such as the Rio Gelado, are sites for *mata de igapó*. The forests that follow rivers are generally found at lower altitude than the contiguous *terra-firme* forest. Some of the trees reach 30 metres or more in the *mata de igapó* there may be a dense canopy, while in the *várzea* it is often broken and difficult to distinguish.

The tolerance of the trunks and roots of flooded forest species to remain under water for months of the year is phenomenal. Amongst these, the *arapari* (*Macrolobium acaciifolium*) leans over the water with its colourful flowers and flat pods that carry a single coin shaped seed, while the dense foliage of the ingazeiro (*Inga flagelliformis*) has tufted flowers that open at the end of the day, attracting hawkmoths and bats. There are several species of *araçá* and *cambuí* that drop fruits in the water, keeping the pacu-fish busy fighting for food.

Flooded forests are home to many palms, as well as the very popular *açaí* (*Euterpe oleracea*) and *buriti* (*Mauritia flexuosa*), also known as *mauriti* in the Amazon. Smaller species, such as *buritirana* (*Mauritiella armata*) and *ubuçu* (*Manicaria saccifera*) provide important materials for the local population. These species grow in igapó forest and their roots may spend most of the year in the water. Other plants, such as the monkey's comb (*Apeiba tibourbou*) have strange, hairy and light fruits that resemble a hairbrush (hence their name), able to float, using the river currents to disperse their seeds.

Ingá (*Inga edulis*)





Um emaranhado de cipós

Nesta região do estado do Pará, onde o bioma Amazônia faz limite com o Cerrado²⁰, observamos um tipo de mata mais aberta do que a mata de terra-firme. Este tipo de floresta, conhecido como mata-de-cipó, aparece em nossos mapas e catálogos com o nome de floresta ombrófila aberta com lianas⁴⁵. Encontramos esta vegetação no sopé da Serra do Tarzan, onde ocupa tanto locais planos quanto as encostas dos morros. Entre as suas características estão a



◀
Liana



descontinuidade do dossel, formado por árvores mais espalhadas variando entre 15 e 25 m de altura, e emergentes de modo geral mais baixas do que encontramos nas florestas mais densas, acompanhadas pelo crescimento de cipós (também conhecidos como lianas) que entremeiam os caminhos tornando este tipo de mata um dos ambientes mais difíceis de penetrar. Esses cipós utilizam o apoio das árvores para atingir a luz do sol, onde crescem, florescem e frutificam, possuindo



Bacaba e cia (*Oenocarpus distichus*) – Diversas palmeiras amazônicas são utilizadas na fabricação de alimentos nutritivos, conhecidos regionalmente como vinhos, mas que geralmente não são fermentados. O vinho de bacaba é feito retirando a polpa dos frutos e misturando com água.

Bacaba & Co. (*Oenocarpus distichus*) – Many Amazonian palm fruits are used to produce nutritious beverages, locally known as 'wines', but not fermented or alcoholic. The *bacaba* wine is made by removing the thin pulp from the fruits and mixing with water.

▶
Página ao lado/
opposite page:
Babaçu (*Attalea speciosa*)





Escada-de-jabuti (*Phanera* sp.) – liana que forma estruturas achatadas e sinuosas, parecidas com fitas, é também conhecida como escada-de-macaco. Pertence à família do feijão (Fabaceae), floresce no dossel da floresta e possui folhas com formato bilobado, relembrando a pegada de um bovino, sendo conhecida também como pata-de-vaca.

Tortoise-stepladder (*Phanera* sp.) – a woody climber that forms flattened, sinuous structures resembling ribbons is also known as monkey-ladder. It belongs to the bean family (Fabaceae) and flowers high up in the canopy. Its leaves are bilobed and resemble the footprint of a cow, thus being also known as cow's-foot.

frutos e sementes aladas que pairam sobre a floresta e são carregados pelo vento para estabelecer novas plantas a grandes distâncias da planta-mãe. Aqui e ali avistamos palmeiras, como o babaçu (*Attalea speciosa*), a bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus*) e a tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), todas presentes na alimentação tanto da fauna como da população local.

Dois exemplos de árvores comuns na região são o chichá (*Sterculia* spp.) e a sumaúma (*Ceiba pentandra*), parentes do cacau e do algodão. As duas possuem folhas que lembram a palma de uma mão (folhas palmadas ou digitadas). Quando se abre, o fruto do chichá é vermelho por dentro, contrastando com as sementes negras e redondas, que atraem aves e outros animais. Já a sumaúma possui paina semelhante ao algodão, que ajuda a carregar suas sementes para longe. Este é um dos poucos exemplos de árvore com distribuição pantropical, ocorrendo tanto no Neotrópico como na África equatorial, onde é tida como árvore sagrada.

►
Mumbaca
(*Astrocaryum
gymnocarpum*)







Durante a época das chuvas, os ventos atingindo a área podem quebrar galhos ou mesmo a parte emergente de árvores enfraquecidas por mata paus, cupins e mesmo pelo peso de trepadeiras de grande porte, que usam diversas estratégias para subir do solo da floresta até o dossel, onde florescem. Por exemplo o cipó-unha-de-gato (*Uncaria guianensis*) possui espinhos curvos que engancham na vegetação, enquanto a quina-quina (*Strychnos* spp.) e a taiuia (*Cayaponia tayuya*) têm gavinhas simples ou mais complexas que se prendem aos ramos de outras plantas. Os ramos velhos da escada-de-jabutí (*Phanera* spp.) formam verdadeiras escadas ziguezagueantes que parecem desaparecer no dossel.

O solo da floresta é raso e oferece pouco suporte para as raízes, havendo tombamento frequente de árvores inteiras. Numa de nossas viagens para a Serra do Tarzan o pessoal da segurança ambiental precisou parar o carro a cada 300 metros para lidar com galhos e troncos que interrompiam a passagem.

Jungle tangle

In the region we are visiting in the state of Pará, where the Amazon Rainforest biome meets the savanna known here as *Cerrado*²⁰, we can see a forest type that is more open, and called locally *mata-de-cipó*, or liana forest, that is formally catalogued as open ombrophilous forest with lianas⁴⁵. One of the places to see this forest is in the foothills of the Serra do Tarzan where it is found both on the

◀
Raízes especializadas de cipó prendem-se ao tronco de uma árvore

Specialized roots of a liana attach themselves to a tree trunk

▼
Mabea angustifolia





▲ *Dalechampia sylvatica* (esquerda/left) e *Justicia* (direita/right)

flat ground and on the slopes surrounding the plateau. Amongst its features is a discontinuous canopy, formed by trees that are spread out and varying between 15 to 25 metres tall, and emergents that are less tall than those found in denser forests. Lianas, or woody climbers, are also common and hang in front of us making the forest difficult to penetrate at times. These lianas use the support of the trees to reach sunlight, flowering and fruiting in the canopy, and often with winged fruits and seeds that drift with the wind and establish new plants far away from the parent. Here and there we see palm trees such as *babaçu* (*Attalea speciosa*), the *bacaba-de-leque* (*Oenocarpus distichus*) and *tucumã* (*Astrocaryum aculeatum*), all important for the fauna and as local people's food.

Two of the commonest trees are *chichá* (*Sterculia* spp.) and the *sumaúma*, silk-tree or kapok (*Ceiba pentandra*), both related to cocoa and cotton. They have leaves that resemble a hand, described as palmate or digitate. When open, the *chichá* fruit is red inside, contrasting strongly with the black rounded seeds that attract birds and other animals. The *sumaúma* on the other hand has seeds embedded in fluff that are carried far away. This is one of the few examples of trees that have a pantropical distribution, found both in the Americas and in equatorial Africa, where it is considered a sacred tree.

During the rainy season the windy storms may break whole branches or even the bole of emergent trees that are weakened by the tree-killers, termites, fungi and even by an excess of climbers that reach a large size. Such climbers display a variety of strategies to climb from the forest floor to the canopy, for example the plant known as cat's claw (*Uncaria guianensis*) has curved spines that hook on to the surrounding plants, while *quina-quina* (*Strychnos* spp.) and

▶ Ana Maria Giuliatti inspecionando as sapopembas de Mirindiba-de-folha-miúda (*Buchenavia tomentosa*)

Ana Maria Giuliatti inspects the taproots of *Mirindiba-de-folha-miúda* (*Buchenavia tomentosa*)



▶
Página ao lado:
Agindo como
um disfarce, a
coloração e textura
da folha jovem
da Castanheira
(*Bertholletia excelsa*)
funcionam como
proteção contra
insetos herbívoros
Opposite page:
Acting as a disguise,
the texture and
colour of the
young Brazil nut
(*Bertholletia excelsa*)
protect it against
herbivorous insects



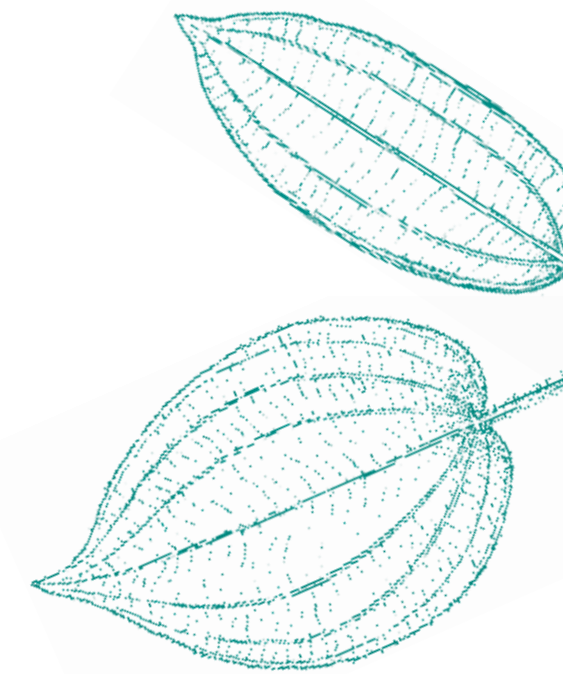
Cipó-unha-de-gato (*Uncaria guianensis*) – liana com folhas opostas e brilhantes, apresenta caules com espinhos curvados para baixo, daí o seu nome popular. As flores agrupadas e partindo de um mesmo ponto são chamadas de umbelas. Utilizada como medicinal no tratamento de verminoses.

Cat's-claw (*Uncaria guianensis*) – a woody climber with shiny, opposed leaves, it has stems with backward curved spines, the inspiration for its common name. The flowers are all grouped on the same point and are collectively known as umbels. It is used as a medicine to treat parasites.

tayuya (*Cayaponia tayuya*) have either simple or complex tendrils that twine around the stems and leaves of other plants. The old stems of the tortoise-stepladder (*Phanera* spp.) make zigzagging ladders that seem to disappear up high, like a stairway to heaven.

The forest floor is shallow and offers little support for tree-roots, with many instances of fallen trees. In one of our expeditions to the Serra do Tarzan the forest rangers needed to stop every 300 metres to handle branches and trunks that blocked the way.

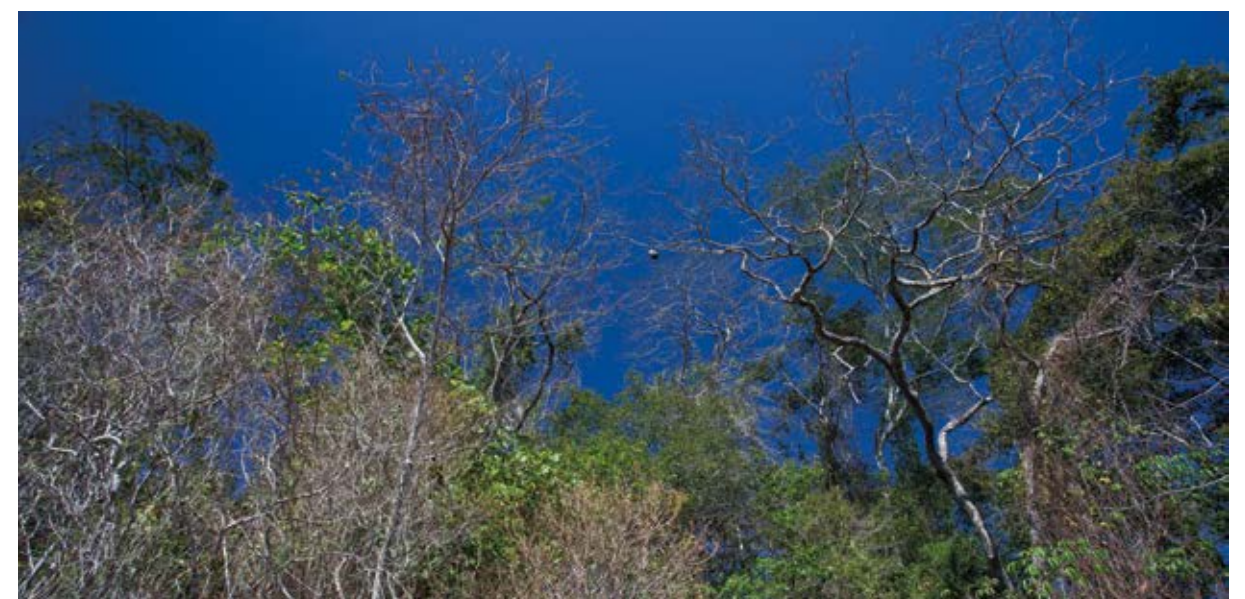




Pisando em folhas secas

Na Província Mineral de Carajás, conforme atingimos áreas mais expostas e em solo mais pedregoso, especialmente sobre granito ou arenito, podemos observar mais um tipo de vegetação, a mata-seca, ou floresta decidual ou semidecidual⁴⁵. O solo é permeável, formado por pedras, cascalho e areia, e a água não permanece por muito tempo na superfície, drenando logo após a chuva. Atingindo de 10 a 15 m de altura, e formando um dossel mais ou menos contínuo, as árvores e arbustos que crescem nesses locais são mais resistentes à falta de água, e muitas delas perdem as folhas durante a estação seca, daí o nome 'semidecídua'. As folhas caídas formam

◀
Algodão-do-campo
(*Cochlospermum regium*)



um denso colchão no solo, e nossa caminhada torna-se mais árdua, pois vamos tropeçando entre pedras e folheto, e ainda mais numa subida íngreme na qual ultrapassamos a cota de 500 m acima do nível do mar.

Neste habitat há um predomínio de plantas com ramos espinhosos e encontramos também troncos com espinhos e outras excrescências curiosas na sua casca. Tudo isto, adicionado à presença de trepadeiras lenhosas, ou lianas, torna nossa passagem difícil e o terçado bate para a esquerda e para a direita, fazendo um barulho quase metálico quando encontra um ramo mais rígido.

Pedra da Harpia,
um afloramento
de granito

Rock of the Harpy,
a granitic outcrop



Stepping on dry leaves

In Carajás, as we come closer to spots with more exposed, stony soil, chiefly on granite and arenitic rocks, it is possible to see yet another type of vegetation,



Espinhos da mamica-de-porca (*Zanthoxylum rhoifolium*) – espécie da matas secas pertencendo à mesma família da laranja e do limão (Rutaceae), esta árvore defende-se de ataques de predadores através de seus espinhos pungentes. Recobrimo suas folhas e ramos, estes espinhos dão aspecto peculiar ao tronco, rendendo-lhe esse curioso nome popular.

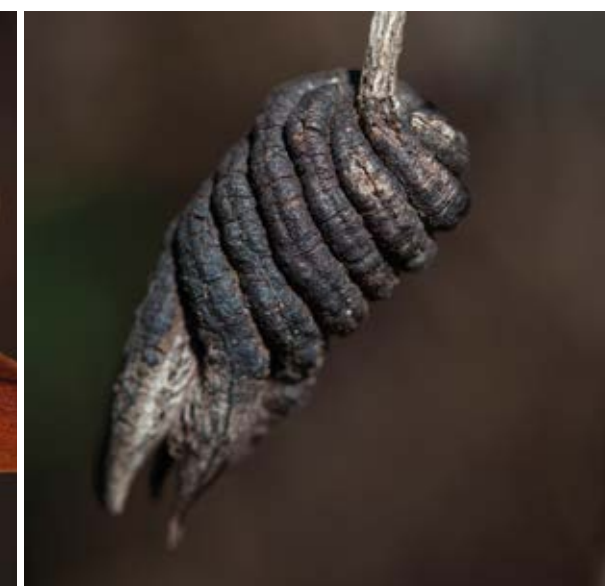
The spiny mamica-de-porca (*Zanthoxylum rhoifolium*) – growing in the dry forests and belonging to the same family as oranges and lemons (Rutaceae), this tree protects itself from animal attacks by the sharp spines that cover its leaves, stems and trunks. The Brazilian common name compares these excrescences to sow's teats.

known as *mata-seca*, a dry forest where some of the trees lose their leaves during the dry season, technically known as semideciduous or even deciduous forest⁴⁵. The soil type is crucial for the establishment of this vegetation, because of its permeable nature, with many rocks, stones and sand, retaining little water and draining quickly after rain. The canopy reaches 10 to 15 m tall and is more or less continuous and the plant species are more resistant to water shortage, with many shedding their leaves during the dry season. The leaves form a dense multicoloured carpet and our walk is harder, as we trip over stones and leaf debris, often climbing as we reach the altitude of 500 m above sea level.

In this habitat there is a predominance of spiny species and also trunks with curious spines and strange growths on their bark. This is added to the abundance of woody climbers that make our trek difficult, while the machete hits left and right, making an almost metallic noise when it hits a harder branch.

Frutos secos
de *Operculina
hamiltonii* e
Helicteres eitenii

*Operculina
hamiltonii* and
Helicteres eitenii
dry fruits



Zona de contato entre a floresta semidecidual e a floresta perenifolia

Contact zone between the semideciduous and the evergreen forest





Finalmente as cangas

No fim da subida, ultrapassando os 600 m de altitude, a vegetação torna-se rala e aberta, enquanto o sol forte nos relembra da latitude local. De fato, estamos a apenas 6 graus ao sul da parte mais saliente do globo, num eterno verão onde parte do ano é seca e a outra parte recebe chuvas torrenciais. Aqui o solo pedregoso varia em textura e cor. Enquanto em um local o chão está coberto por pedriscos de um vermelho profundo, alguns metros adiante vemos lagedos quase negros e com diferentes graus de corrosão deixados pelas chuvas abundantes.

Enquanto na época seca temos uma vista privilegiada, avistando a floresta nas encostas e no baixio, os vales dos rios e mesmo a aldeia indígena Xikrin do Cateté, durante a época das chuvas o horizonte é frequentemente ocultado pela neblina ou cerração que pode durar vários dias.

Um verdadeiro mosaico de cores e formatos mistura-se gradualmente. Uma nova série de tipos distintos de vegetação aparece aqui em cima. Ao contrário do que vimos na floresta, agora a maioria das plantas atinge menos de dois metros de altura, e o solo encontra-se frequentemente exposto ou coberto por uma densa camada de capim e outras ervas que, à primeira vista, podem ser confundidas com uma mera pastagem. A extensão desses tipos de vegetação é geralmente menor do que o que temos na floresta, com mudanças repentinas relacionadas ao substrato e ao aspecto, orientação e drenagem das rochas subjacentes.

Ao contrário do que ocorre na maioria dos ambientes de floresta, a vegetação sobre a canga é muito mais afetada pelo regime de estação seca e chuvosa. As ervas secam e desaparecem entre julho e dezembro, tornando-se viçosas novamente quando as chuvas reiniciam entre janeiro e junho.

Atingindo entre um e três metros, os arbustos e arvoretas aparecem isolados ou em pequenos grupos na paisagem. Os mais comuns, como a vassourinha

◀
Murici
(*Byrsonima
chrysophylla*)



▲
Canga arbustiva
Shrubby canga

(*Callisthene microphylla*), a canela-de-ema (*Vellozia glauca*) e o murici (*Byrsonima chrysophylla*) associam-se com o arbusto trepador conhecido como rabo-de-arara (*Norantea guianensis*), com a pata-de-vaca-miúda (*Bauhinia pulchella*), a erva-cidreira-da-canga (*Lippia origanoides*) e as quaresmeiras-da-canga (*Pleroma* sp., *Tibouchina edmundoi*). Podemos observar entre essas espécies o predomínio de folhas pequenas e duras, algumas pilosas, muitas delas posicionadas verticalmente em relação ao solo, numa estratégia que minimiza o efeito direto da forte luminosidade do sol nesses locais. A estrutura das folhas pequenas também pode estar relacionada a uma maior resistência à desidratação do que as folhas mais finas e expandidas que vimos anteriormente na floresta.

Sobre os arbustos, vemos trepadeiras como a flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) e outras espécies do mesmo gênero que se aproveitam do suporte das lenhosas para expor suas flores vistosas aos beija-flores. Outras plantas escandentes da família da mangaba (*Mandevilla scabra*, *Blepharodon pictum*) são polinizadas por borboletas e abelhas.

Nas partes mais úmidas e rochosas vemos as folhas alongadas da cara-de-cavalo (*Philodendron wulfschaegelii*) crescendo junto com os ramos eretos e folhas pontudas das belas orquídeas-bambu (*Sobralia liliastrum*). Em partes mais abertas, observamos a canga nua, plana, com pequenas poças onde aparecem pequenas ervas com flores chamativas mas tão miúdas que carecem de nomes



▲
Arvoreta com
tronco retorcido
Treelet with
contorted branches

comuns, sendo conhecidas apenas pelos seus nomes científicos como *Polygala*, *Sauvagesia*, *Burmannia*, *Perama carajensis*, *Brasilianthus carajasensis*, aparecem em meio a tiriricas (*Rhynchospora*, *Bulbostylis*) e capins (*Axonopus*) e uma profusão de sempre-vivas (*Paepalanthus fasciculoides* e *Xyris brachysepala*) e pequenas bromélias espinhudas como o gravatá-da-canga (*Dyckia duckei*) crescendo



Microfilia (*Mimosa skinneri* var. *carajarum*) – entre as diversas estratégias para sobreviver aos altos níveis de insolação sobre a canga, estão as folhas pequenas encontradas em certas plantas.

Microphyllous plants (*Mimosa skinneri* var. *carajarum*) – amongst many different strategies to survive the high levels of sunlight on the canga, some plants have very small leaves.

Lagoa sobre a canga
Lake upon the *canga*





▲
Vegetação sobre
afloramento
de canga
Plants growing on
the canga outcrop

em touceiras. O mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*) aparece na beira desses afloramentos, onde podemos observar suas plântulas germinando em cavidades já colonizadas por líquens e musgos. As flores desse cacto medem 20 cm de comprimento e o seu tubo-floral estreito é especialmente adaptado para polinização por mariposas.

Conforme a canga é fragmentada em blocos menores pelos elementos como sol e chuva intensos, pelo vento e até mesmo pelos líquens, musgos e raízes das plantas que germinam e crescem nas fendas das rochas, uma ligeira camada de solo vai se formando. Folhas secas e outros resíduos de plantas acumulam-se na área. Sobre essa mistura de depósitos orgânicos e inorgânicos, crescem colchões de gramíneas (*Paspalum*, *Mesosetum* e *Trachypogon*) e tiriricas (*Rhynchospora barbata*) atingindo entre 50 e 80 cm de altura. No mesmo espaço ocorrem arbustos (*Myrcia*, *Erythroxylum nelson-rosae*, *Mimosa*). Estes locais são conhecidos como campos gramíneos.

Por ser um substrato poroso, lagoas formam-se na canga quando esta chega ao estágio de super-saturação. Desse modo a água das chuvas acumula-se e corre conforme a declividade do terreno. Pequenos cursos d'água formam-se em fendas maiores, confluindo em lindas cachoeiras que ficam secas entre os meses de maio e setembro, voltando a correr com o regresso das chuvas. Sobre as pedras banhadas por essas cachoeiras podemos observar bancos de boca-de-leão-do-brejo (*Utricularia neottioides*). As folhas dessa pequena planta

carnívora⁴² ficam dentro da água e possuem vesículas que capturam pequenos animais. Através da digestão desse alimento rico em proteínas as plantas carnívoras suplementam a deficiência de nitrogênio deste habitat onde os solos são pobres e muito rasos.

Finally the *cangas*

At the end of the climb, above 600 m altitude, the vegetation becomes open and sparse, while the strong sun reminds us of the local latitude. We are in fact at barely 6 degrees south of the most bulging part of the planet, in an eternal summer that is partly dry and partly under torrential rains. Here the stony soil varies in colour and texture. In some places the soil is covered by deep red gravel, while a few metres ahead we gaze at dark, almost black rocky ledges with different degrees of erosion made by the abundant rains.

While the dry season provides us with a privileged view, where we can observe the forests on the slopes and valleys, the rivers and even the home of the indigenous tribe known as Xikrin do Cateté, during the rains the horizon is frequently hidden by mist or fog that may hang around for days.

A mosaic where colours and textures gradually intermingle, and a new series of different vegetation types appears up here. Contrary to what we observed in the forest, now most plants are less than two metres tall, and the soil is frequently



Camadas de isolamento (*Vellozia glauca*) – os falsos troncos da canela-de-ema são formados pelas bases das folhas, ou bainhas, sobrepostas envolvendo o caule e as raízes das plantas. Essas camadas fibrosas auxiliam no isolamento das gemas apicais das plantas, protegendo-as das temperaturas extremas da canga exposta ao sol.

Insulating layers (*Vellozia glauca*) – the false trunks of this plant are formed by leaf bases, or sheaths, tightly overlapping and enclosing the stem and roots of these plants. Such fibrous layers help to insulate the apical buds, protecting them from the extreme temperatures of the sunlit *canga*.



exposed or covered by a dense layer of grasses that, at first sight, may look like a pasture. The size occupied by each vegetation type is generally smaller than what we saw in the forest, and suddenly changes reflecting the different soil types, aspect and drainage of the underlying rocks.

Different to what we saw in the majority of forest environments, the canga vegetation is directly affected by the dry and wet seasons. The herbs dry and disappear between July and December, newly germinating and becoming lush when the rains fall, between January and June.

Shrubs and treelets reach a height of between one and three metres, and appear isolated in small island-like groups in the landscape. The commonest of all are the bushy *vassourinha* (*Callisthene microphylla*), the *canela-de-ema* (*Vellozia glauca*) and *murici* (*Byrsonima chrysophylla*) are in association with climbing shrub known as parrot's-tail (*Norantea guianensis*), with the lesser cow's foot (*Bauhinia pulchella*), the *erva-cidreira-da-canga* (*Lippia origanoides*) and the *quaresmeira-da-*

◀
Bromélia (*Aechmea castelnavii*)

Campo com tiriricas e gramíneas com capão ao fundo

Open field with sedges and grasses and forest copse at the back

▼





Segure aquele rabo-de-arara (*Norantea guianensis*) – notável pela sua capacidade de alastrar-se sobre o solo calcinante da *canga*, este arbusto projeta raízes possantes e seus ramos espalham-se muitos metros em diversas direções, em busca de água em poças e fissuras nas rochas. E ainda há gente que acha que plantas são incapazes de movimento!

Follow that parrot's-tail (*Norantea guianensis*) – this shrub has an amazing capacity to spread over the extremely hot *canga*, with its powerful branches that grow many metres in different directions, looking for water puddles and crevices to set root. And there are people who still think that plants cannot move!

canga (*Pleroma* sp., *Tibouchina edmundoi*). We can see that many of these plants have small, hard leaves, some of them hairy and many positioned vertically in relation to the soil, minimizing the direct effect of the strong sunlight in the area. Small leaf size may also be related to their resistance to dehydration, differently to the expanded, thin leaves we saw earlier in the forest.

Mixed with and hanging from the shrubs we see climbers such as the *flor-de-carajás* (*Ipomoea cavalcantei*) and other species of the same genus that take advantage of the support provided by woody plants to expose their showy flowers to the hummingbirds. Other climbers from the frangipani family (*Mandevilla scabra*, *Blepharodon pictum*) are pollinated by butterflies and bees.

In more humid, rocky places we see the long leaves of the *cara-de-cavalo* (*Philodendron wulfschaegeli*) growing together with the erect branches and pointy leaves of the bamboo orchid (*Sobralia liliastrum*). More open areas display naked expanses of *canga* surface, with small puddles where showy little herbs lacking common names are found. Colourful blooms of *Polygala*, *Sauvagesia*, *Burmannia*, *Perama carajensis*, *Brasilianthus carajasensis* appear amongst sedges (*Rhynchospora*, *Bulbostylis*) and grasses (*Axonopus*), and many everlasting flowers (*Paepalanthus*

◀ *Lepidaploa arenaria*

◀ *Cladonia* e *Portulaca sedifolia*
Cladonia and *Portulaca sedifolia*



▶
Página ao lado/
opposite page:
*Chelonanthus
purpurascens*

Ciclos rápidos (*Perama carajensis*) – a rapidez do ciclo de vida de certas ervas também é uma estratégia para sobreviver em habitats com estação seca muito marcada. As sementes destas plantas germinam assim que caem as primeiras chuvas, entre outubro e novembro. A folhagem desenvolve-se rapidamente e as flores em profusão aparecem entre fevereiro e maio, culminando no mês de abril, a época das floradas na serra.

Fast cycles (*Perama carajensis*) – a speedy life cycle of some of the herbs is also a strategy to survive in habitats with extremely dry periods. The seeds of these plants germinate as the first rains start, between October and November. The leaves develop fast and profuse blooming follows between February and May, with a strong peak in April, the time when the mountain blossoms.

▶
Frutos de
Mandevilla scabra
liberando sementes

Fruit of *Mandevilla
scabra* releasing
seeds

fasciculoides and *Xyris brachysepala*) and small spiny bromeliads known as *gravatá-da-canga* (*Dyckia duckei*) forming tussocks. The *mandacaru-da-canga* (*Cereus hexagonus*) grows at the edge of these outcrops, where we can see its seedlings growing in cavities already colonized by lichens and moss. The flowers of this cactus are around 20 cm long, and their flower-tube is so narrow that they can only be pollinated by the long proboscis of certain hawkmoths.

▶
Vesículas de
Utricularia gibba
Utricularia gibba
bladders





Conserve água: o gravatá-da-canga (*Dyckia duckeii*) e a cactácea mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*) possuem adaptações para armazenar água pois crescem em ambientes sujeitos a épocas de seca. Para garantir sua sobrevivência, as folhas da bromélia e o caule do cacto possuem tecidos esponjosos capazes de acumular água durante o período chuvoso. A defesa desse recurso importante é feita pela verdadeira armadura de espinhos que essas plantas apresentam.

Keep water: small bromeliads as the *gravatá-da-canga* (*Dyckia duckeii*) and cacti like the *mandacaru-da-canga* (*Cereus hexagonus*) are adapted to store water as they grow in periodically dry environments. As a guarantee for their survival, the leaves of the bromeliad and the stems of the cacti have spongy tissues that store rain water. The armour of spines these plants have are to defend this important resource from predators.

► ***Mimosa acutistipula***
var. *ferrea*

Over time the canga is broken into smaller blocks through alternating intense sunshine and rain, also by wind and even by lichens, mosses and the root systems of plants that germinate and grow in the crevices, forming a thin layer of soil. Dry leaves and other plant residues accumulate in the area. Over this mixture of organic and inorganic deposits, blankets of grasses (*Paspalum*, *Mesosetum* and *Trachypogon*) and sedges (*Rhynchospora barbata*) reach between 50 and 80 cm tall. In the same areas we also find shrubs (*Myrcia*, *Erythroxylum nelson-rosae*, *Mimosa*). Such places are known locally as 'grassy fields'.

As a porous substrate, the canga only retains water when it is over-saturated. Then rain water accumulates or runs depending on the topography of the area. Small water courses form in deeper crevices, flowing together as pretty waterfalls when they negotiate the rock edges. These remain dry between May and October, returning to life when the rains start again. In the wet season we can observe banks of bladderworts (*Utricularia neottioides*) growing on these rocks. The leaves of this small carnivorous plant⁴² remain in the water and have little bladders that capture very small animals. Through digestion of this protein-rich food, these plants supplement the nitrogen deficiency challenge of this habitat where the soils are very nutrient poor and shallow.





Dentro dos capões de mata

Alguns locais favorecem a formação de um solo um pouco mais profundo, especialmente os grotões e falhas das rochas de canga. Ali observamos o estabelecimento de capões, ou seja, manchas de floresta baixa, onde podemos ver arvoretas mais altas de fruto-de-pombo (*Erythroxylum citrifolium*), canela-de-velho (*Miconia* spp.), vem-cá-meu-bem (*Mimosa acutistipula* var. *ferrea*), faveiro-da-canga (*Parkia platycephala*) e a sempre-presente vassourinha (*Callisthene microphylla*) em grande quantidade. Sob essas arvoretas, que podem atingir uns seis ou sete metros de altura, observamos o abacaxi-da-canga (*Ananas*

◀
Amasonia lasiocaulos





Proteção aromática (*Lippia origanoides*) – basta espremer uma folha das espécies relacionadas às famílias da hortelã e da verbena, para sentir o aroma poderoso que vem dos óleos essenciais produzidos por essas plantas. Esses óleos possuem função protetora, repelindo insetos predadores.

Aromatic protection (*Lippia origanoides*) – by squeezing a leaf of some species of the mint and verbena families one can feel the powerful smell that comes from essential oils produced by these plants. Such compounds have a protective function, repelling predating insects.

ananassoides), cujos frutos, diferentemente do abacaxi cultivado, são mais azedos, e portam pequenas sementes castanho-claras. Também duas espécies da família do café, a marmelada-de-pinto (*Cordia myrciifolia*) e uma erva-de-rato (*Psychotria hoffmannseggiana*), ambas com frutos procurados pela avifauna, ocorrem com frequência nestes capões. Trepadeiras também são abundantes, e as bonitas inflorescências vermelho-vivas da uva-da-canga (*Cissus erosa*) e as flores amarelas chamativas do cipó-de-leite (*Mandevilla scabra*) adicionam complexidade e cor a esse habitat. As poucas plantas epífitas que ocorrem nas cangas são as tilandsias (*Tillandsia streptocarpa*), que não possuem raízes mas captam a água da chuva e a umidade da neblina sob as escamas de suas folhas, e diversos gêneros de orquídea (*Encyclia*, *Epidendrum*).

Considerando a intensidade do sol nas localidades de canga, os capões são verdadeiros oásis de sombra para os vertebrados locais. Associados com essa fauna estão os carrapatos e micuins, extremamente abundantes localmente durante a estação seca. Também à sombra e especialmente em pontos mais úmidos encontramos abundantes musgos (*Pilosium chlorophyllum*, *Fissidens* spp.)

►
Uva-da-canga /
Canga grape
(*Cissus erosa*)





Espalhe-se muito: sementes dispersas pelo vento (*Banisteriopsis malifolia*) – a grande maioria das plantas que crescem associadas à canga é dispersa pelo vento. Em muitas famílias os frutos são secos, conhecidos como capsulares, e abrem-se para liberar sementes leves e pequenas. Frutos e sementes alados são frequentes nas famílias do feijão, do guaraná e do ipê. Também há sementes com apêndices plumosos que parecem pequenos pára-quadras nas famílias da margarida e da alamanda.

Spread your wings: wind dispersed seeds (*Banisteriopsis malifolia*) – the vast majority of plants found in *canga* are dispersed by wind. Some plant families have dry fruits known as capsules that open to free small, light seed. Winged fruits and seeds are common on the bean, guarana and trumpet-flower families. There are also seeds with feathery appendages that look like small parachutes in the daisy and frangipani families.

e líquens (*Cladonia* spp.) formando colchões espessos, bem como samambaias e plantas afins (*Serpocaulon triseriale*, *Doryopteris collina*, *Sellaginella* spp.).

Inside the small copses

Certain locations favour the formation of deeper soil, especially the creeks and edges of large blocks of canga. The vegetation there is a low forest, where taller trees of *fruto-de-pombo* (*Erythroxylum citrifolium*), *canela-de-velho* (*Miconia* spp.), *vem-cá-meu-bem* (*Mimosa acutistipula* var. *ferrea*), *faveiro-da-canga* (*Parkia platycephala*) and the ubiquitous *vassourinha* (*Callisthene microphylla*) grow.

- ◀ *Solanum subinerme*
- ◀ *Tabernaemontana flavicans*

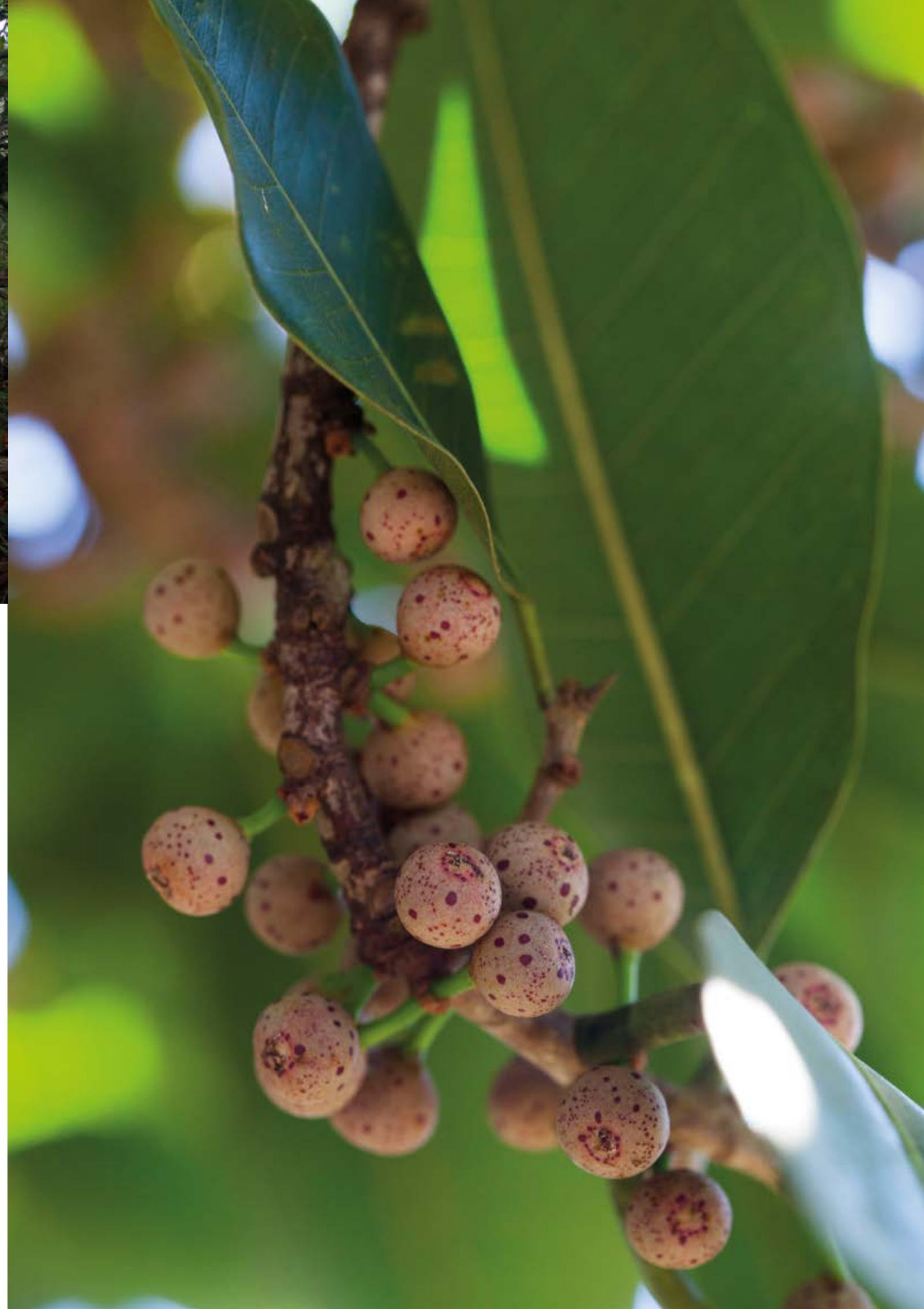


▲ Interior de capão durante as chuvas
Interior of forest copse during the rainy season

In the shade of these trees and treelets, that may reach six or seven metres in height, we observe the *canga* pineapple (*Ananas ananassoides*), with rather tart fruits that look like miniature pineapples but have small pale-brown seeds inside. Two species from the coffee family (Rubiaceae), *marmelada-de-pinto* (*Cordia myrciifolia*) and *erva-de-rato* (*Psychotria hoffmannseggiana*), both with fruits sought after by birds, occur frequently in these copses. Climbers are also present, and the beautiful inflorescences the *canga* grape (*Cissus erosa*) and the yellow flowers of the milky-vine (*Mandevilla scabra*) add complexity and colour to this habitat. The few epiphytes that grow on cangas are the air-plants (*Tillandsia streptocarpa*), plants that do not have roots but capture the rain water and humidity of the fog with their leaf-scales, and several orchid genera (*Encyclia*, *Epidendrum*).

Considering the high intensity of sunlight in the *canga* vegetation, the copses are real oases of shade for the local vertebrates. Associated with this fauna are the ticks and other arthropods, extremely abundant locally during the dry season. Also in the shade, and especially in more humid places, we see many mosses (*Pilosium chlorophyllum*, *Fissidens* spp.) and lichens (*Cladonia* spp.) forming dense mats and blankets, as well as ferns and their allies (*Serpocaulon triseriale*, *Doryopteris collina*, *Sellaginella* spp.).

▶ Figueira (*Ficus americana* subsp. *guianensis*)





Um espelho cristalino

As características peculiares da canga levam ao acúmulo de água em lagoas tanto temporárias como permanentes. Recentemente foi descoberto que estas lagoas são desprovidas de contato com o lençol freático, dependendo apenas do volume das chuvas para sua manutenção. Essas lagoas, mais profundas e cristalinas no complexo de serras do sul (Serra Sul, Serra do Tarzan), possuem individualidade impressionante e ainda não totalmente explicada. Por exemplo as lagoas do Amendoim e das Três Irmãs ambas têm a superfície praticamente desimpedida, enquanto a lagoa do Jacaré (também conhecida como lagoa das macrófitas) possui abundantes plantas aquáticas fixas com folhas flutuantes, como ninféias (*Nymphaea rudgeana*) e a estrela-branca (*Nymphoides humboldtiana*).

Existem diferentes tipos de plantas aquáticas: plantas flutuantes livres e flutuantes fixas presas ao solo das lagoas e que dependem de estruturas semelhantes a bóias para a flutuação⁴⁸. Outras plantas são totalmente ou parcialmente submersas, e geralmente ficam fixas ao substrato no fundo das lagoas. Plantas emergentes, onde apenas a base e as raízes ficam permanentemente ou mesmo temporariamente sob a água crescem na beira das lagoas, como por exemplo *Lindernia brachyphylla*. É o conjunto dessas variáveis que leva ao interessante fenômeno de zonação^{49, 48}, no qual cada grupo de espécies ocupa o setor adequado às suas adaptações.

Partes de certas plantas submersas, como caules ou mesmo pecíolos crescem, ficando mais longos à medida que o nível da água da lagoa sobe durante a estação chuvosa, como o pinheirinho-do-brejo (*Eriocaulon* aff. *setaceum*). Por outro lado algumas plantas tornam-se aparentes conforme o nível da água diminui na estação da seca, florescendo quando o nível da água desce.



▲
Lagoa das
Três Irmãs
Three Sisters lake

A dinâmica da vegetação encontrada na beira e no interior das lagoas é extremamente interessante, com mudanças profundas de aspecto ao longo das estações, dependendo do estágio de desenvolvimento de certas espécies. Por exemplo, na beira dessas lagoas durante o mês de fevereiro, grandes populações de *Brasilianthus carajensis*, uma erva da família das quaresmeiras, formam belos bancos de coloração avermelhada, contrastando com a tonalidade escura da canga.

▶
*Brasilianthus
carajensis* à
beira da lagoa
*Brasilianthus
carajensis* at the
margin of the lake

A crystal mirror

▶
Lagoa com plantas
aquáticas
Lake with
aquatic plants

The peculiar characteristics of the *canga* cause the accumulation of rainwater in temporary and permanent ponds and lakes. Recently it was discovered that these lakes have no contact with the underground reservoirs, simply depending on the volume of rainfall to maintain them. Such lagoons, deeper and transparent in the Serra Sul complex (Serra Sul, Serra do Tarzan) have impressive individuality that has not yet been totally explained. For instance, the Amendoim and Três Irmãs lakes have an almost clear surface while the Lagoa





do Jacaré (also known as the macrophyte lake) has many fixed aquatic plants with floating leaves such as water-lilies (*Nymphaea rudgeana*) and the water snowflake (*Nymphoides humboldtiana*).

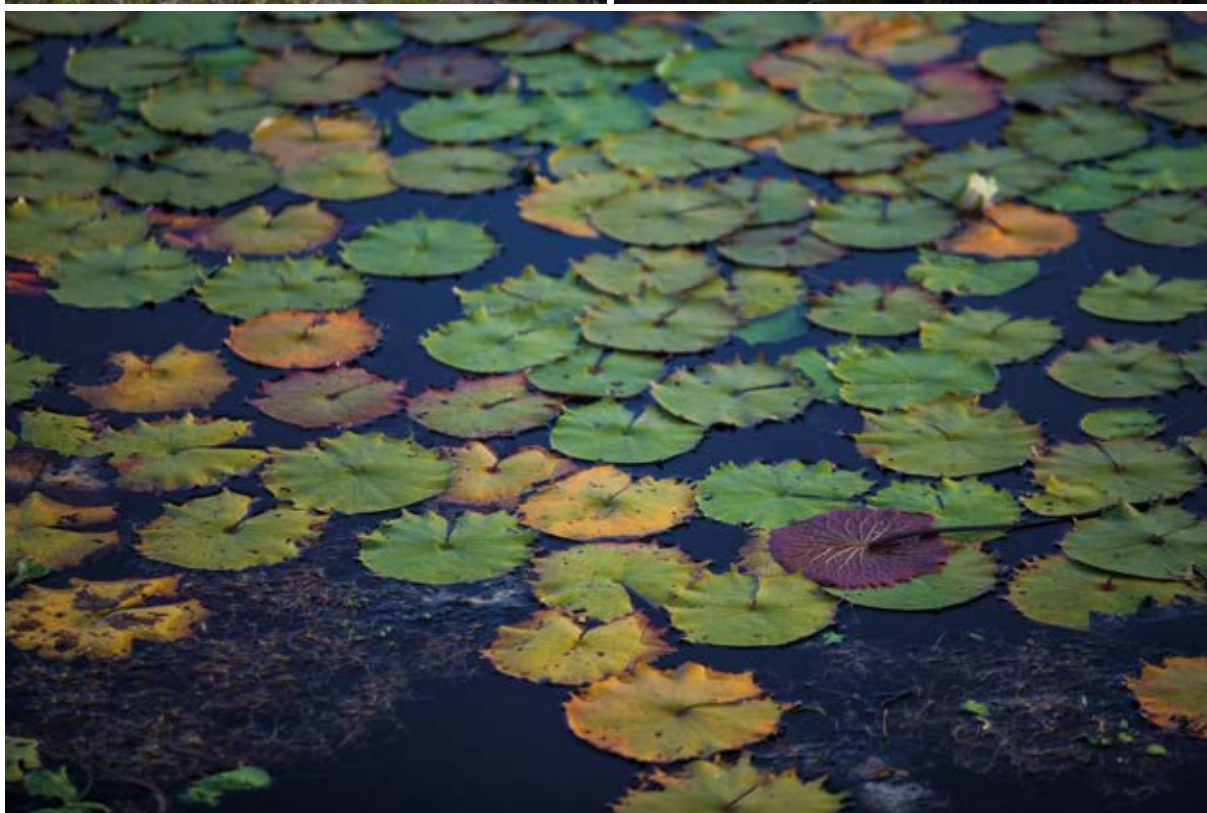
Different types of aquatic plants, such as free floating and fixed floating plants depend on buoy-like structures for floating⁴⁸. Other plants are totally or partly submersed and generally are fixed to the bottom of the lake, e.g. *Lindernia brachyphylla*. Emergent plants, where only the base and roots are permanently or even temporarily underwater grow at the edge of the lakes. The different attributes of this group of plants determines their exact growing area, creating a phenomenon known as zonation^{40, 48}, where each species group occupies a different area.

Plant parts of underwater plants, such as stems and leaf-stalks, grow when the water raises during the wet season, as seen in the *pinheiro-do-brejo*

◀
Botânicas (Ana Maria Giulietti e Daniela Zappi) coletando em lagoa temporária
Botanists (Ana Maria Giulietti and Daniela Zappi) collecting in temporary lake

Lagoa com buritirana (*Mauritiella armata*)
Lake with buritirana (*Mauritiella armata*)





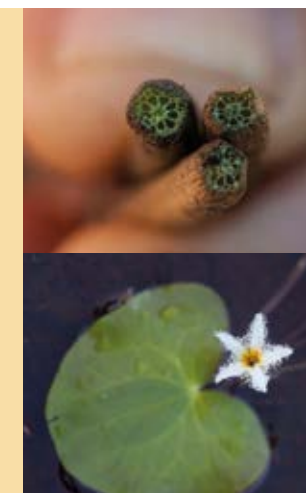
(*Eriocaulon aff. setaceum*). On the other hand, some plants become more apparent as the water level falls during the dry season, flowering when the water is at its lowest point.

The dynamics of the plant community found around and within the water bodies is extremely interesting, as it changes significantly in appearance depending on the season and the stage of development of certain species. During February, the edge of the water has vast populations of *Brasilianthus carajasensis*, a small herb with striking red leaves that contrast with the dark colour of the canga.

▲
Eleocharis flavescens

Tipos de plantas aquáticas (estrela-branca - *Nymphoides humboldtiana*) – adaptações para flutuação são frequentes em plantas que vivem parcialmente ou totalmente imersas. Um tecido especial conhecido como aerênquima, com células cheias de ar, mantém parte das plantas na superfície.

Different aquatic plants (water snowflake - *Nymphoides humboldtiana*) – adaptations to float are often found in plants that live partly or totally underwater. A special tissue known as aerenchyma, with air filled cells, maintains part of the plant on or near the surface.



◀
Página ao lado:
Dois aspectos do buritizal e lagoa com ninféias (*Nymphaea rudgeana*)

Opposite page:
Two aspects of buriti swamp and lake with water-lilies (*Nymphaea rudgeana*)



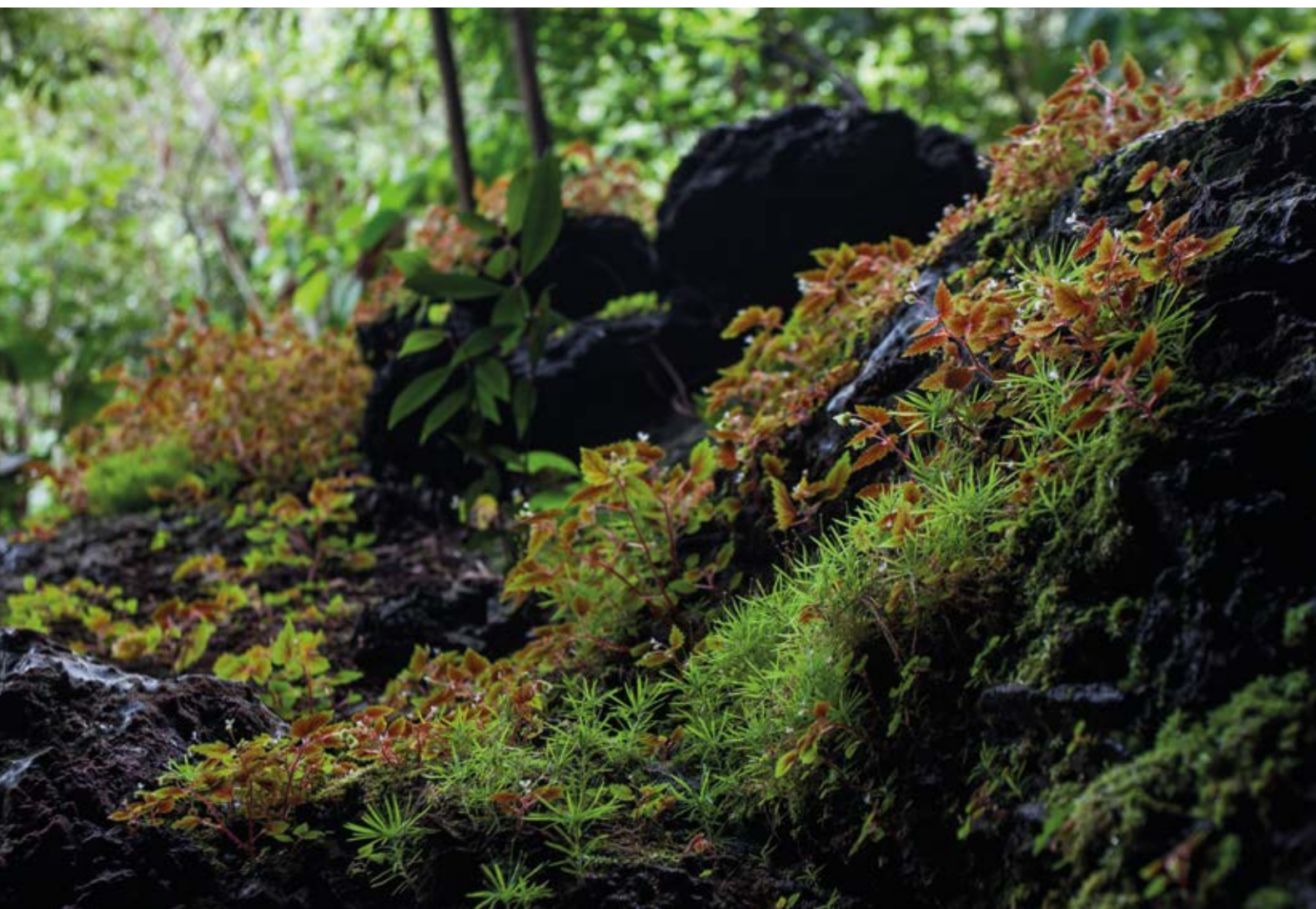
Mistérios das cavernas

A história do ser humano está intrinsecamente ligada ao ambiente das cavernas, gerando um interesse de longa data que permeia estudos de antropologia, paleontologia, arqueologia, biologia, culminando na criação do termo espeleologia especificamente para estudos relacionados ao tema. As cavernas, grutas e cavidades das cangas de Carajás foram formadas por dissolução



Raízes ou caules? Rizotemas são estruturas formadas por sistemas subterrâneos pertencentes a plantas que crescem sobre ou nos arredores das cavernas, e que penetram nas fissuras da canga à procura de umidade. Formando complexas redes subterrâneas, estas estruturas vegetais foram comparadas àquelas de origem mineral, conhecidas como espeleotemas.

Roots or stems? Rhizothemes are structures formed by the subterranean system from plants growing above or around caves, which penetrate the rock crevices looking for humidity. These structures form complex underground networks and were compared with their mineral equivalent, the speleothemes.



▲
**Paredão úmido
 com *Eriocaulaceae*
 e *Sinningia minima***
 Wet cliff with
Eriocaulaceae and
Sinningia minima

dos minerais pela intempérie ao longo do tempo¹⁴. Devido ao alto grau de especialização das cavernas, tanto em termos biológicos como geológicos, e ao interesse inerente da sociedade, existem regulamentações com o propósito de proteger o patrimônio espeleológico. Cavernas variam muito em relação a seu papel ecológico, sendo que aquelas consideradas de máxima relevância, que abrigam troglóbios raros, devem ser plenamente preservadas, bem como a sua área de influência. A pesquisa científica dedicada a estudar aspectos que influenciam a riqueza da fauna cavernícola vem aumentando, pois essa é uma das características que ditam o grau de relevância e o tipo de proteção outorgado a uma determinada caverna.

Trabalhos de espeleologia fazem referências pontuais à biota vegetal, incluindo a presença de sementes, raízes e detritos vegetais no interior das cavernas. Foi relatado que raízes de plantas crescendo no solo sobre e no entorno das cavernas podem alcançar diferentes áreas e profundidades dentro



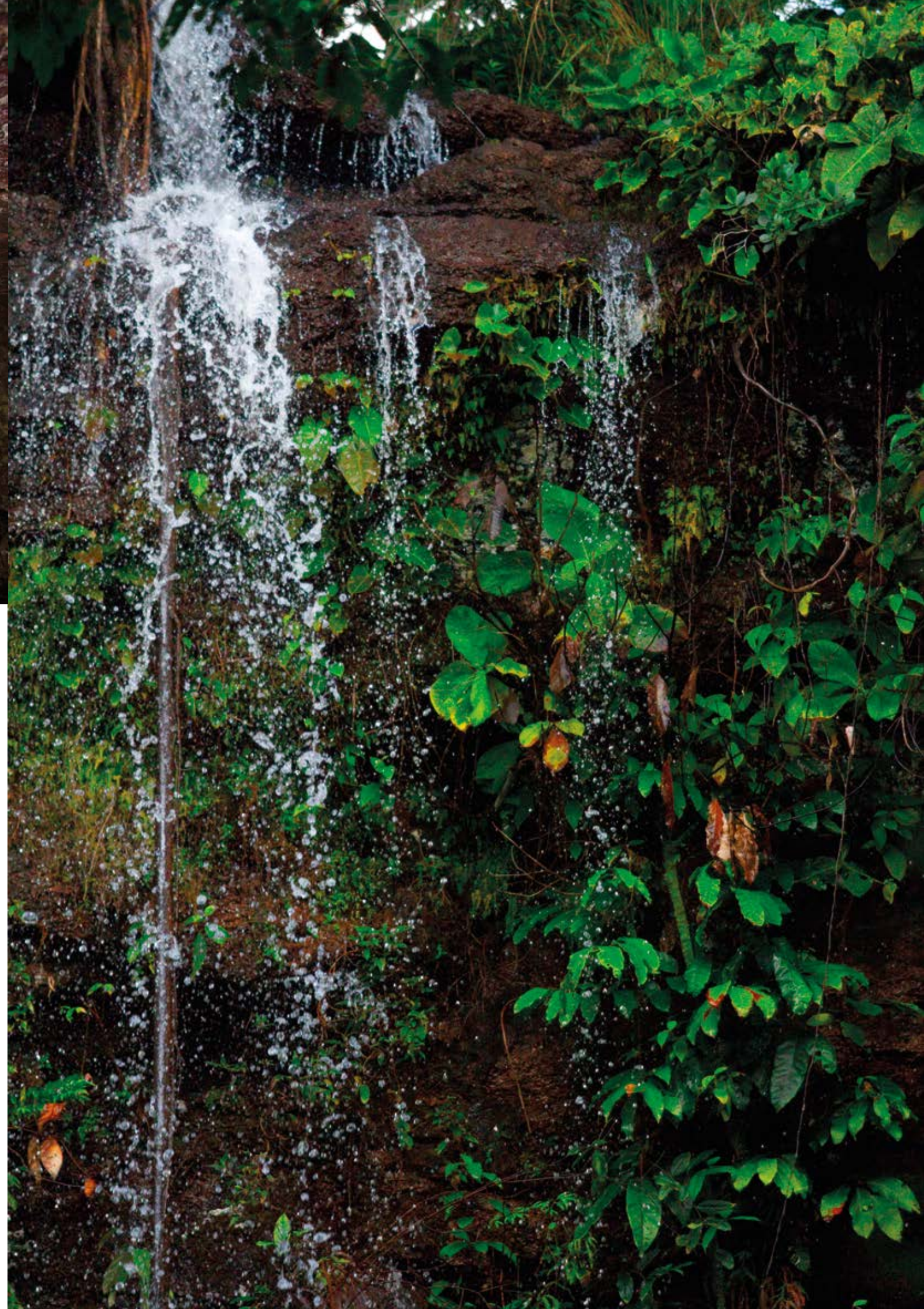
A menor das rainhas-do-abismo (*Sinningia minima*) – esta plantinha minúscula é parente da violeta-africana e das gloxínias, e ocorre nas paredes úmidas da boca das cavernas, sobre um colchão de musgo úmido. A planta adulta não chega a atingir 5 centímetros de altura!

Little tiny thumb (*Sinningia minima*) – A minuscule relative of the African violet and gloxinia, this plant grows on the wet and shady walls at the cave entrance, over a mat of wet moss. The whole plant does not reach five centimeters!

das mesmas, servindo como alimento e áreas de nidificação para a manutenção da fauna local. Análises recentes demonstraram uma correlação positiva entre a presença de raízes dentro das cavidades em substrato ferrífero e a biodiversidade animal ligada a uma maior oferta de recursos vegetais²¹. Raízes encontradas no interior de cavidades formam estruturas fascinantes conhecidas como rizotemas, traçando um paralelo de sua morfologia com a das estruturas geológicas específicas desses ambientes (estalactites, travertinos, etc.) chamadas de espeleotemas.

Mysterious caves

Human history is intrinsically linked to the cave environment, which generates a long lasting interest permeating studies in anthropology, paleontology, archeology and biology, culminating in the creation of the term speleology



for studies pertaining to caves. The caves and cavities of Carajás were formed by dissolution of the minerals through weathering¹⁴. Because caves are highly specialized both geologically and biologically, and with the interest of society regarding this environment, there are now laws and regulations that protect this natural heritage. There is much variation regarding the ecological role of the caves, and the ones with rare troglobites are classified as having maximum relevance. These caves must be totally preserved and a protective buffer zone must be drawn around them and conserved. Scientific research dedicated to study the aspects that influence the richness of cave fauna has increased, as biodiversity is one of the characters that dictates the degree of relevance and of protection that is given to a cave.

Only a few papers mention the plant life within caves, but seeds, roots and plant debris have been found inside caves. Recent data show that roots of plants growing above or around caves may reach different depths within them, serving as food and nesting habitats for the local fauna. There appears to be a positive correlation between the presence of roots in the iron cavities and animal biodiversity, linked to a larger offering of plant resources²¹. Roots found in the caves form fascinating structures known as rhizotemes, a name based on the parallel between these biological and other geological structures (stalactites, travertines, etc.) known as speleothemes.

4

O trabalho dos botânicos *The work of botanists*

Daniela C. Zappi
Pedro L. Viana
Nara F.O. Mota
Ana Maria Giulietti





Existe gente que pensa que o trabalho dos botânicos é uma ciência ultrapassada, transmitida em latim e com cheiro de naftalina. Estas idéias derivam da antiguidade de nossos estudos, porque dependemos de uma base de conhecimento originada pelos gregos e romanos, e que vem crescendo à medida que os europeus colonizavam novos continentes. Naquele tempo esta ciência era dominada pelo panorama europeu e baseada nos espécimes depositados em coleções distantes do Brasil. A comparação das plantas encontradas em Carajás com o resto das plantas da Amazônia e do mundo possibilita que detectemos espécies ainda não descobertas, mas principalmente faz com que utilizemos os nomes corretos para as plantas que ocorrem na FLONA de Carajás. Sem os nomes corretos não seria possível dizermos com certeza se a biodiversidade local é de alguma forma surpreendente, ou se algumas das plantas que ocorrem ali não crescem em nenhum outro lugar do mundo.

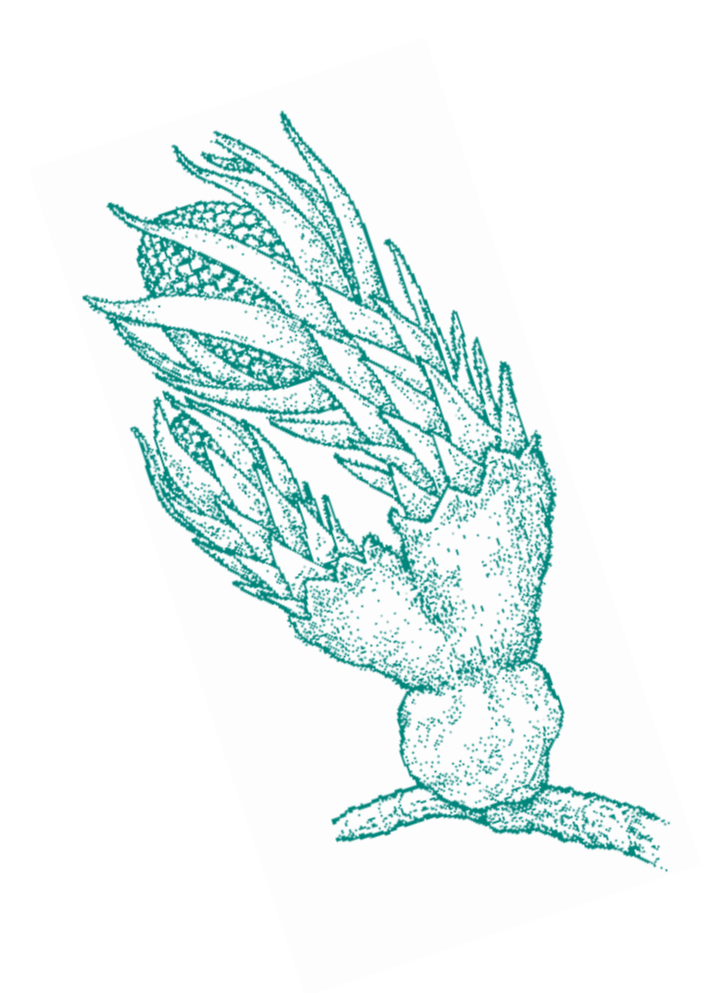
Desse modo, para poder estudar as plantas, nós fazemos expedições ao longo do ano, procurando coletar material fértil, ou seja, com flor e fruto, de todas as espécies dentro de uma determinada área. Esse material é comparado com coleções e bibliografia especializada, e em bases de dados disponíveis na internet. As espécies são apresentadas de forma simples (listas de espécies, inventários, guias) ou mais completa (flóculas, floras) em publicações científicas reconhecidas, enquanto as espécies consideradas novas são descritas em artigos científicos seguindo uma série de normas. Então a base de conhecimento cresce e passamos a compreender de modo mais profundo a biodiversidade de locais fantásticos como a região dos Carajás.

Página anterior /
Page before:
Ray Harley

◀
Daniela Zappi
prensando plantas
Daniela Zappi
pressing specimens

There are people out there who think botany is an old-fashioned science, spoken in Latin and smelling of moth-balls. Such ideas may come from the antiquity of our studies, as we depend on a knowledge base that goes back to the Greeks and Romans, and that grew as the Europeans colonized new continents. During that time this science was dominated by a Europe-centered perspective and based on the specimens deposited in collections far away from Brazil. While the comparison of the plants found in Carajás with other Amazonian and plants worldwide permits us to detect new species, it also enables us to use the right names for the plants that grow in the FLONA de Carajás. Without the correct names it would not be possible to say for sure whether the local biodiversity is in any way surprising, or if some of the plants that grow here do not grow anywhere else in the world.

Thus, in order to study the plants, we organize fieldtrips throughout the year, aiming to collect fertile material, that is in flower or fruit, of all species within a given area. This material is compared with plant collections and specialized bibliography, and with databases that are available in the internet. Species can be recorded either in a simple form (species lists, inventories, guides) or a more complete form, such as in a florula or flora, in recognized scientific journals, while the species that are found to be new are described in scientific papers following a series of rules. The knowledge base then grows and we understand more deeply the biodiversity of fantastic places such as the Carajás region.



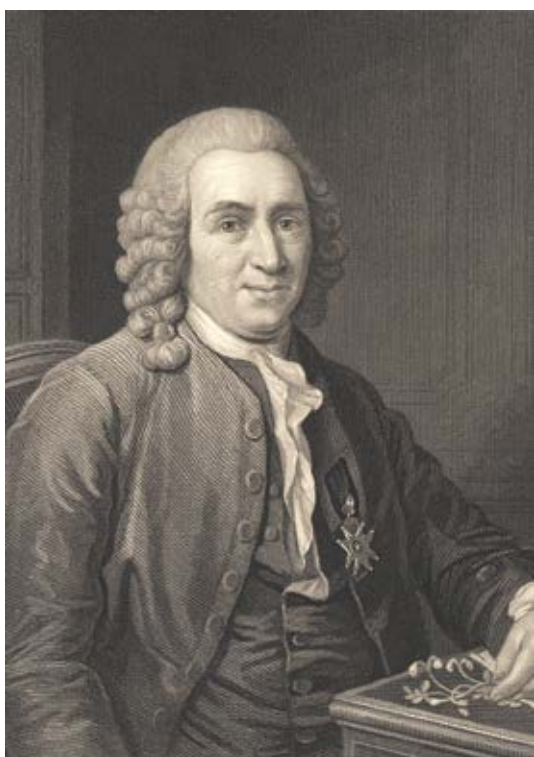
Identificar x classificar

Foi em 1753 que o naturalista sueco Carl von Linné, ou Lineu, publicou um compêndio com uma lista completa das 5.940 espécies de plantas que eram conhecidas no mundo de então²⁸.

Mas Lineu fez sua lista de um modo muito especial, inventando um novo sistema, no qual o nome do gênero precede o nome da espécie, agrupando plantas parecidas entre elas e diferenciando-as de outros gêneros. Publicado em latim, considerada então a língua da ciência, esse sistema usa dois nomes (gênero e espécie) e consequentemente chama-se sistema binomial. Veja por exemplo a batata-inglesa, batizada por Lineu como *Solanum tuberosum* L., que pertence ao mesmo gênero da beringela, *Solanum melongena* L., mas a uma outra espécie. O nome de gênero funciona de modo semelhante a um sobrenome, indicando parentesco, enquanto que o nome da espécie parece-se a um nome próprio, sendo único e indicando individualidade. Combinados, esses dois nomes servem o propósito de identificar uma determinada espécie e diferenciá-la de todas as outras espécies do mundo. Os nomes não devem ser repetidos para evitar confusão, e considerando que hoje em dia existem mais de 400 mil espécies conhecidas de plantas com sementes¹⁶, haja criatividade para publicar novos nomes!

Vale observar que os nomes das espécies são muitas vezes citados seguidos do autor que as publicou, que aparece de forma abreviada, como por exemplo L., que significa Lineu.

A partir do fim do século XVII e ao longo do século seguinte, classificações naturais baseadas no conceito de famílias foram criados por botânicos eminentes como Antoine de Jussieu²⁴ e Augustin De Candolle²² e posteriormente sedimentados por grandes estudiosos como George Bentham e Joseph Hooker⁶. As famílias botânicas incluem diversos gêneros, por exemplo a família do feijão, ou



▲
Carl Von Linné

Fabaceae, inclui ervas como a ervilha (*Pisum sativum*), o feijão (*Phaseolus vulgaris*) e também árvores tropicais como o jatobá (*Hymenaea courbaril*), o angelim-pedra (*Dinizia excelsa*) entre mais de 900 gêneros e umas 24 mil espécies, todas na mesma família, uma das maiores do mundo.

Mas veja bem, até agora só falamos dos nomes atualmente aceitos e confirmados. Imaginem que a partir de 1753 diferentes estudiosos em jardins e hortos botânicos trabalhando de maneira isolada, muitas vezes acabavam descrevendo a mesma espécie com mais de um nome. Vejamos o exemplo da quinina, descrita por Lineu em 1753 como *Cinchona officinalis* L²⁸. Esta espécie de altíssima importância para curar a malária que assolava a Europa naquela época foi descrita, posteriormente, com diversos nomes, entre eles *Cinchona condaminea* Bonpl. em 1808, *Cinchona peruviana* Mutis em 1821 e *Cinchona coccinea* Pav. ex DC. em 1830. Uma revisão recente⁴ levou à conclusão de que estes e outros vinte nomes são todos

sinônimos do nome mais antigo, *Cinchona officinalis* L., que prevalece sobre todos os outros. Na verdade, ao longo do tempo, muitas espécies descritas por diferentes autores acabavam se tratando da mesma planta, sendo preciso sinonimizar esses nomes, mantendo sempre o mais antigo e que não fosse “repetido”. Para dar uma idéia, existem uns 70 mil nomes na família Fabaceae dos quais apenas um terço corresponde a espécies aceitas²⁷. Um verdadeiro labirinto, não é? Realmente trata-se de uma ciência muito bem fundamentada e das mais complicadas.

Sim, mas o labirinto seria pior se usássemos apenas nomes comuns para referir-nos às espécies. Isso porque os nomes comuns variam de um lugar para outro, e podem pertencer a plantas de espécies, gêneros e mesmo famílias diferentes. Chama-se “peroba” na Amazônia a uma espécie da família da mangaba (Apocynaceae), *Aspidosperma spruceanum*. Ora, no Rio de Janeiro, conhece-se por “peroba” uma planta da família do ipê, o *Paratecoma peroba*. Essas duas “perobas” possuem propriedades totalmente diferentes, seria um grande erro misturá-las! Existem inúmeros exemplos deste tipo, justificando o uso do sistema binomial criado por Lineu, e de uma série de regras estabelecida pela comunidade botânica mundial, o chamado Código Internacional de Nomenclatura³⁰.

O trabalho botânico de comparação das espécies utiliza os chamados herbários, ou coleções de referência nas quais as amostras são identificadas por especialistas, e bibliotecas completas, com enciclopédias e periódicos relevantes que reúnem os nomes publicados por diferentes autores em diferentes épocas. Com esse enorme volume de informações, muitas das quais estão armazenadas



▲
Batata (*Solanum tuberosum*) e beringela (*Solanum melongena*), duas espécies do mesmo gênero

Potato and aubergine, two species belonging to the same genus

fora do Brasil, era muito difícil certificar-se do nome correto das plantas tropicais. Ironicamente, a maior biodiversidade encontra-se nos trópicos e necessita de estudos urgentes especialmente levando em conta a acelerada destruição dos biomas tropicais do mundo, e que ocorre antes mesmo que as espécies sejam conhecidas. Foi então que a tecnologia da informática veio ao nosso socorro. A disponibilização da lista completa de nomes de plantas descritas até o momento em formato digital encontra-se disponível no site do International Plant Names Index, (www.ipni.org), enquanto diversos jardins e institutos botânicos colaboram para disponibilizar sites complexos de busca como o The Plant List (www.theplantlist.org), o Tropicos (www.tropicos.org), a Biodiversity Heritage Library (www.biodiversitylibrary.org), e muitos outros. O problema de acesso aos herbários do mundo foi contornado através de um enorme investimento de verba, tempo e energia por parte dos curadores de coleções para a criação de herbários virtuais que disponibilizam imagens para consulta. Desse modo, se quisermos ver a amostra original coletada por von Martius na qual o mesmo autor baseou-se para descrever a buritirana (*Mauritiella armata* Mart.), podemos usar um site e visualizar o espécime em nosso celular! Até pouco tempo atrás os botânicos precisavam empreender longas viagens internacionais para verificar esses materiais, ter acesso à bibliografia, e tomar decisões taxonômicas confiáveis.

A partir de 2008, o Brasil, visando atender compromissos da Convenção de Diversidade Biológica, assinados pelo país, assumiu de forma proativa a necessidade de produzir uma lista *on-line* de todas as suas plantas e fungos.



O projeto, sediado e coordenado pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro foi estendido a partir de 2015 para entregar a versão eletrônica da Flora do Brasil em 2020^{31,49}. Hoje em dia mais de 700 botânicos trabalham ativamente nesse sistema. O inovador projeto REFLORA, idealizado pelo CNPq e contando com apoio da iniciativa público-privada foi desenvolvido concomitantemente com a lista, disponibiliza mais de dois milhões de imagens de amostras de herbários para agilizar a difícil tarefa de estudar nossas plantas. Para adequar-se a uma forma de trabalhar mais dinâmica esses websites podem ser atualizados em tempo real pelos usuários qualificados e autorizados. Se um de nós, no papel de botânicos autorizados, verificar que um material está identificado com o nome ou qualquer outro detalhe errado, podemos corrigi-lo imediatamente. Isso ajuda toda a comunidade de usuários a trabalharem com dados mais apurados.

De qualquer modo, no Brasil ocorrem 229 famílias de plantas com sementes, 36 de samambaias e licófitas e 117 de musgos e hepáticas^{48,49}. As famílias funcionam como verdadeiros escaninhos para organização e triagem, sendo necessário determinar a família de um exemplar coletado para poder acessar a bibliografia e identificar a espécie do material. Mas lembre-se que o material deve estar fértil, ou seja, apresentar estruturas reprodutivas (no caso

das samambaias, esporângios e esporos, para as plantas com flor, tanto flores como frutos e sementes são importantes). A grande maioria das amostras que coletamos pertence a espécies já descritas, presentes na literatura. Mas em alguns casos, podemos descobrir espécies novas para a ciência que, mediante uma descrição formal publicada de acordo com as normas do Código Internacional de Nomenclatura³⁰, passam então a ser reconhecidas. Atualmente o Brasil conta com mais de 32 mil espécies diferentes de plantas com semente, ocupando o lugar de líder mundial da diversidade vegetal.³ No estado do Pará estão registradas mais de 6200 plantas com semente, e nosso trabalho contribui para aumentar essa lista!

Nas cangas de Carajás as maiores famílias botânicas são as Poaceae (família do arroz e do milho) e as Fabaceae (família do feijão) e as Rubiaceae (família do café). Entre as espécies novas descritas ao longo dos anos nessa região tão especial, há ao menos quatro gêneros: *Brasilianthus carajensis* na família da quaresmeira, *Monogereion carajensis* e *Parapiquieria cavalcantei*, parentes do girassol, e *Carajasia cangae*, parente do café, além de mais de 24 espécies recentemente descritas. Estimamos que somente na vegetação associada à canga existam mais de 1.000 espécies, enquanto que na totalidade da área da FLONA pode haver umas duas mil, entre ervas, arbustos, árvores, trepadeiras, palmeiras e epífitas. Haja diversidade!



As grandes coleções – entre os maiores herbários do mundo, o do Royal Botanic Gardens, Kew abriga mais de 7 milhões de espécimes do mundo todo (www.kew.org), das quais cerca de 250 mil são espécimes-tipo. Tais espécimes são os materiais usados pelos botânicos ao descrever uma planta nova para a ciência pela primeira vez. São materiais extremamente importantes quando queremos nos certificar de que estamos usando o nome correto para uma planta. No Brasil, a maior coleção de plantas encontra-se no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com mais de 600 mil espécimes herborizados, além de coleções associadas (plantas vivas, sementes, laminário, carpoteca e etnobotânica) e está totalmente digitalizada, disponível no site jabot.jbrj.gov.br.

Great collections – amongst the largest herbaria in the world, the Royal Botanic Gardens, Kew houses over 7 million plant specimens from all over the world (www.kew.org), of which about 250 thousand are type specimens. These types are the samples used by the botanists to describe a plant for the first time. Type specimens are extremely important when we want to be absolutely certain about the correct name for a plant. The largest plant collection in Brazil is found at the Jardim Botânico of Rio de Janeiro, with over 600 thousand pressed plant specimens, as well as associated collections (living plants, seeds, wood samples, anatomical slides, dry fruits and ethnobotany), available at jabot.jbrj.gov.br.



Identify × classify



Ipê-da-canga
(*Anemopaegma*)

Back in 1753 the Swedish naturalist Carl von Linné, or Linnaeus, published an encyclopaedia of all 5,940 species of plants known in the world at that stage²⁸. However Linnaeus list of plants was presented in a very novel way, as he invented a new system that uses a generic name preceding the specific name or epithet, grouping similar plants and making a difference between genera. As in all scientific works of the time, Linnaeus work was published in Latin and is known as the binomial system, as it relies on two name elements (genus and species) to organize the plants. For example the potato, named by Linnaeus as *Solanum tuberosum* L., belongs to the same genus as the aubergine, *Solanum melongena* L., but is a different species. The name of the genus works in the same way as a surname, indicating relationship, while the species epithet is similar to a first or given name, and is unique, indicating individuality. When combined, these two name elements serve the purpose of identifying a given species and differentiate it from all other species in the world. Binomials must not be repeated to avoid confusion, and, considering that nowadays there are more than 400 thousand known species of seed plants in the world⁶, one has to have some creativity in order to invent new names in the market!

It is also important to observe that species names are often cited together with their publishing author, who appears abbreviated, such as L. which is short for Linnaeus.

From the end of the XVII century and during the following period, natural classifications based on the concept of plant families were created by eminent botanists such as Antoine de Jussieu²⁴ and Augustin De Candolle¹², which were built upon by great botanists, such as George Bentham and Joseph Hooker⁶. Botanical families can include many genera, for example the bean family, or Fabaceae, includes herbs such as peas (*Pisum sativum*), beans (*Phaseolus vulgaris*) and also large tropical trees such as the West Indian locust tree (*Hymenaea courbaril*), the *angelim-pedra* (*Dinizia excelsa*) amongst more than 900 genera and some 14 thousand species, all in the same family, one of the largest families worldwide.

We must watch out, because thus far we have only spoken about names that are accepted and confirmed. Imagine that from 1753 different naturalists in varied botanical gardens worked in isolation, often describing the same species which as a consequence ended up with more than one name. For example we have quinine, described by Linnaeus in 1753 as *Cinchona officinalis* L.²⁸. This highly sought after species was used to cure malaria that was rampant in Europe in that period and was described, afterwards, with many different names. Amongst those there was *Cinchona condaminea* Bonpl., published in 1808, *Cinchona peruviana* Mutis in 1821 and *Cinchona coccinea* Pav. ex DC. in 1830. A recent study⁴ updating our knowledge of this plant reached the conclusion that these and twenty other names are all synonyms of the oldest, *Cinchona officinalis* L., which prevails over all others. In truth, as time passed, it was found that many species described by different authors were simply representing the same species and these names

had to be synonymized, maintaining as the 'good' name the oldest and not repeated name. To put it all in proportion, of the 70 thousand names that were described for the Fabaceae, only about a third correspond to accepted species names nowadays²⁷. It is a real maze, making botanical science hard and rather complicated work.

While that may be the case, the maze would have been much worse if we used only common names to refer to plant species. Yes, because those names vary from one place to the other as people who use them interchange them depending on the plants that are at hand. Common or vernacular names may be applied to plants of different species, genera and even families. For instance the name *peroba* is used in the Amazon for *Aspidosperma spruceanum*, from the

►
Pedro Viana
fotografando
Ipomoea
Pedro Viana
photographing
Ipomoea



Quem identifica, quem classifica – Então, existem dois objetivos básicos no trabalho dos botânicos. O primeiro é identificar as amostras, utilizando bibliografia, herbários e websites confiáveis, chegando a um nome científico para a amostra em questão. Por outro lado, quando nossos estudos nos levam a alterar a organização e delimitação de uma espécie, gênero ou família, descrevendo novidades ou mesmo concluindo que não é possível diferenciar uma espécie de outra, estamos classificando a biodiversidade. Classificações recentes utilizam técnicas especializadas como estudos moleculares, de cromossomos, anatômicos e químicos, tentando retratar o parentesco entre as plantas

que estudamos. Conforme a ciência avança, as classificações mudam, num processo dinâmico que exige muita dedicação e atenção.

Who names and who classifies – Summarising, there are two basic objectives in a botanist's work. The first is to identify the samples, using bibliography, herbaria and trusted websites, to provide a scientific name for each sample collected. The second objective happens when, following our studies, we need to alter the placement or the limits of a plant species, genus or family, describing novelties or concluding that two species are best recognized as a single entity then we are classifying biodiversity. Recent classifications rely more and more on genetic or molecular studies, chromosomal, anatomical or chemical features, where the relationship between plants is investigated and adjusted. As science advances, classifications change, in a dynamic process that needs much dedication and attention if we are to keep abreast of new developments.

family of the frangipani (Apocynaceae). However, in the Atlantic Rainforest in Rio de Janeiro the same name *peroba* is used to refer to *Paratecoma peroba*, a plant from the trumpet-flower family (Bignoniaceae). Thus these *peroba* plants have totally different properties, and it would be a huge mistake to mix them up!! There are many examples of this that justify our punctilious use of the binomial system created so long ago by Linneus, and the series of rules established by the world's botanical community, known as International Code of Nomenclature³⁰.

The botanical work of comparing species uses collections housed in herbaria, or reference collections where the samples are identified by specialists, and comprehensive libraries of encyclopedias and relevant journals that document the names published by different authors along the centuries. This huge volume of dispersed information, often stored outside Brazil, used to make it very difficult to be certain that the correct name was being used for a tropical plant. The vast majority of biodiversity is found in the tropics and urgently needs to be studied, especially when we take into account the accelerated destruction of tropical biomes around the globe that happens even before we get to discover all of the species. It was then that information technology came to our aid. The complete list of all plants described thus far was made available digitally by the International Plant Names Index, (www.ipni.org), while many botanical gardens and institutes have collaborated to make available complex searchable sites such as The Plant List (www.theplantlist.org), Tropicos (www.tropicos.org), the Biodiversity Heritage Library (www.biodiversitylibrary.org), and many others. Access to herbaria worldwide was made virtual through enormous investments of cash, time and energy by curators who made available their collections online where we can consult images remotely. If we need to see the plant sample, or type specimen, upon which von Martius based his description of the buritirana (*Mauritiella armata* Mart.) we can use a website and see it from our mobile phone! In the past botanists had to take long trips in order to gain access to and verify these materials and bibliography prior to making well grounded taxonomic decisions.

Brazil, as a signatory of the Convention on Biological Diversity, took a proactive role in the preparation of an on-line list of all its plants and fungi in 2008. This project, housed and coordinated at the Jardim Botânico of Rio de Janeiro, was extended from 2015 to provide an electronic version of the Brazilian Flora by 2020^{31, 49}. Nowadays more than 700 botanists work actively adding information to this system. The innovative REFLORA project, idealized by CNPq and counting with support of the public/private initiative was developed at the same time as the list, makes over 2 million images of samples available to speed up the difficult task of studying our plants. In order to make a real difference in the dynamics of our work, these websites permit updating in real time by qualified or authorized users. If any of us, as authorized botanists, verify that a specimen has the wrong name or any other detail that needs correction, we can alter it immediately. This helps all of the user community to work with more up-to-date, improved data.



At the moment Brazil has 229 families of seed plants, 36 of ferns and lycophytes and 117 of mosses and liverworts^{8, 49}. Such families are the pigeon-holes we use to separate and organize our collections, and it is necessary to determine the family of a sample in order to access the correct bibliography and identify as a species. But we must bear in mind that the material needs to be fertile, that is to bear reproductive structures (in the case of ferns, sporangia and spores, for flowering plants, flowers or fruits). The vast majority of the samples we collect belong to species that have already been described and are present in the literature. However, we may discover species that are new to science, and then we must proceed to prepare a formal description published following the norms of the International Code of Nomenclature³⁰, in order for this species to be recognized. Nowadays Brazil has over 32 thousand species of seed plants, and takes the lead in terms of the world's plant diversity⁸. In the state of Pará there are over 6,500 seed plants, and our work contributes to add to this list!

In the cangas of Carajás the largest plant families are Poaceae (rice and corn family), the Fabaceae (peas and beans) and Rubiaceae (coffee family). Amongst the new species described over the years in this very special region there are at least four genera: *Brazilianthus carajensis*, a small relative of the glory tree, *Monogereion carajensis* and *Parapiqueria cavalcantei*, related to the sunflower, and *Carajasia cangae*, a diminute ally of the coffee bush, as well as 24 recently described new species. We estimate that there are over 600 species in the vegetation associated with the canga, while the total area of the FLONA de Carajás may reach a count of two thousand species, taking into consideration all herbs, shrubs, trees, lianas, palms and epiphytes. It is an overwhelming quantity of species, close to the total count of the plants of the United Kingdom!

◀
*Brazilianthus
carajensis*



Expedição durante a seca

Foi em outubro de 2015 que a equipe do ITV visitou pela primeira vez a região de Carajás. Majestosas, as serras de minério do setor sul delineavam-se nas alturas, aparecendo entre as árvores da floresta amazônica, com seus platôs maciços completamente expostos ao sol e ao vento. Nossa subida foi árdua, as árvores grandes da mata de encosta foram raleando, e ficamos nós também expostos à intempérie. A rocha de canga atinge temperaturas altíssimas e durante a estação seca há poucas nuvens no céu e o calor chega a ser insuportável.

Na nossa busca por espécimes botânicos, caminhamos entre arbustos retorcidos e com copas ralas, a maioria do material encontrado está em fruto.

◀
Mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*)



◀
As folhas de *Vellozia glauca* tornam-se arroxeadas durante a estação seca

Leaves of *Vellozia glauca* turn purplish during the dry season



▲
*Rhynchospora
barbata*

Frutos chamativos e que oferecem recursos para os animais, como a baga pintalgada do maracujá-do-mato (*Passiflora glandulosa*), ou os frutos alaranjados do pau-amargo da canga (*Picramnia ferrea*) destacam-se na paisagem, chamando a atenção dos pássaros, da mesma maneira que os frutos da João-mole (*Neea macrophylla*). As trepadeiras da família da flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) tem frutos secos, capsulares, que liberam sementes nessa época. Fica difícil imaginar se estas sementes que caem sobre a rocha inóspita serão capazes de conservar-se vivas durante meses até a chegada das primeiras chuvas.

Durante a seca, as floradas de ipê nas matas locais são espetaculares, pois os ipês perdem as folhas e seus galhos ficam cobertos apenas pelas flores, que aparecem durante os meses mais áridos, atraindo grandes quantidades de abelhas e beija-flores. Depois de polinizadas as flores formam frutos alongados, peludos em algumas espécies, que liberam sementes debruadas por uma asa transparente. Essas sementes são carregadas pelo vento por muitos quilômetros. Sobre a canga, uma das ocorrências espetaculares é a floração do rabo-de-arara (*Norantea guianensis*), uma trepadeira muito comum na área que se alastra sobre as rochas nuas e contrasta fortemente com o entorno. Os cachos, ou inflorescências, dessas plantas possuem bolsas de néctar que atraem beija-flores e outras aves que por sua vez polinizam suas pequenas flores. Outras floradas dignas de nota são a da vassourinha (*Callisthene microphylla*), cujas folhas novas

▶
*Rabo-de-arara /
parrot's tail
(Norantea
guianensis)*



aparecem acompanhadas de flores alvas delicadas e extremamente perfumadas que cobrem a planta logo no início da estação seca.

The expedition during the dry season

It was October 2015 when some of us first visited the region of Carajás. As we approached the majestic iron-ore mountain ranges of the south sector, their flat tops appeared behind tall trees from the Amazon Rainforest. The plateaux were totally exposed to sun and wind, and our steep climb saw the large trees left behind, replaced by shorter, white-barked trees, until finally we too were exposed to the extreme weather conditions. The canga surface may reach very high

Mimosa somnians
var. *viscida*



temperatures during the dry season and there are few clouds in the sky, making the heat unbearable.

In our search for botanical specimens we walk around twisted, bonsai-like shrubs with scarce leaves, and the majority of the plants found were fruiting. Such fruits represent resources for the fauna, such as the spotted wild passionfruit (*Passiflora glandulosa*) or the orange fruits of the bitter stick (*Picramnia ferrea*) that stand out in the dark landscape, getting attention from birds, the *joão-mole* (*Neea macrophylla*) with red and purple fruits. Many climbers from the family of the *flor-de-carajás* (*Ipomoea cavalcantei*) have dry,

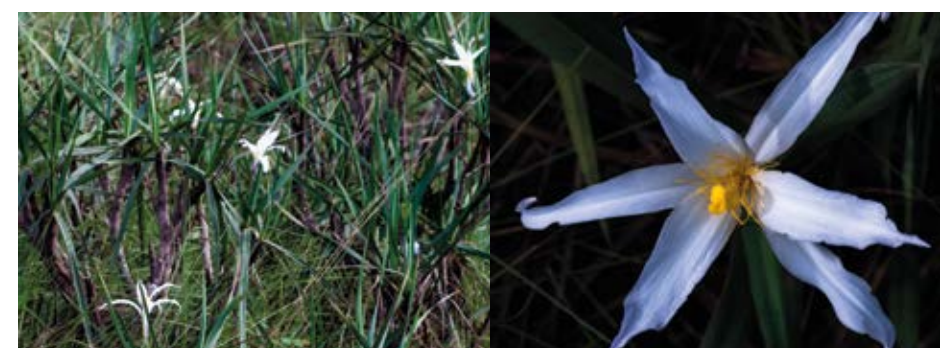
▲
Vassourinha
(*Callisthene microphylla*) em flor
Blossom of
Vassourinha
(*Callisthene microphylla*)

▲
Espigas velhas de
Paspalum foliiforme
Old spikes of
Paspalum foliiforme



Ledo engano – a florada da orquídea-bambu (*Sobralia liliastrum*) atrai abelhas de grande porte, como mamangavas para suas lindas flores alvas com “pista de pouso” amarela. Florescendo durante a época seca, esta orquídea muito econômica não recompensa seus polinizadores com néctar³⁸, fazendo com que carreguem o pólen de uma flor para a outra durante uma busca infrutífera, atraídos apenas pela aparência das flores.

Trick no treat – the bamboo orchid (*Sobralia liliastrum*) attracts large bees to its beautiful white flowers that have yellow 'landing stripes' across its labellum. Flowering during the dry season, this orchid is very economic and does not offer rewards to its pollinators as it has no nectar³⁸. It simply tricks its pollinators into carrying its pollen from one flower to the next in a fruitless search, attracted simply by the appearance of the flowers.



Sincrônicas – Canelas-de-ema (*Vellozia glauca*) têm um pico de floração que ocorre logo antes das primeiras chuvas, no mês de dezembro. As flores de muitas plantas abrem-se ao mesmo tempo, favorecendo as visitas de insetos carregados de pólen entre as flores de muitas plantas, aumentando a chance de polinização e o intercâmbio genético entre as plantas.

Synchronicity – *Canelas-de-ema (Vellozia glauca)* have a flowering peak that starts just before the first rains, in December. The flowers of different plants open at the same time, favouring visits of insects that carry pollen from one plant to the next, increasing the chance of pollination and the genetic exchange between individuals.

capsular fruits, that release their seeds around this time of year. It is hard to figure out whether these seeds, falling onto such inhospitable soil, will be able to keep alive for months until the arrival of the first rains.

During the dry season, the flowering of the trumpet-tree in the local forests is spectacular. These trees lose their leaves and their exposed branches are then covered in blossom that attracts large quantities of bees and hummingbirds. After pollination, long, pod-like, hairy fruits are formed, and light, transparent winged seeds are freed over the hillsides and carried by the wind for many kilometers. On the *canga*, one of the spectacular occurrences is the flowering of the parrot's tail (*Norantea guianensis*), a common scrambler on the bare rocks that contrasts with its background. The bunches of flowers, or inflorescences, of these plants have nectar pouches that attract hummingbirds and other fauna that pollinate the small flowers. Another astonishing spectacle is the flowering of the *vassourinha (Callisthene microphylla)* that produces new branches with little maroon leaves and is totally covered by white, strongly scented flowers.

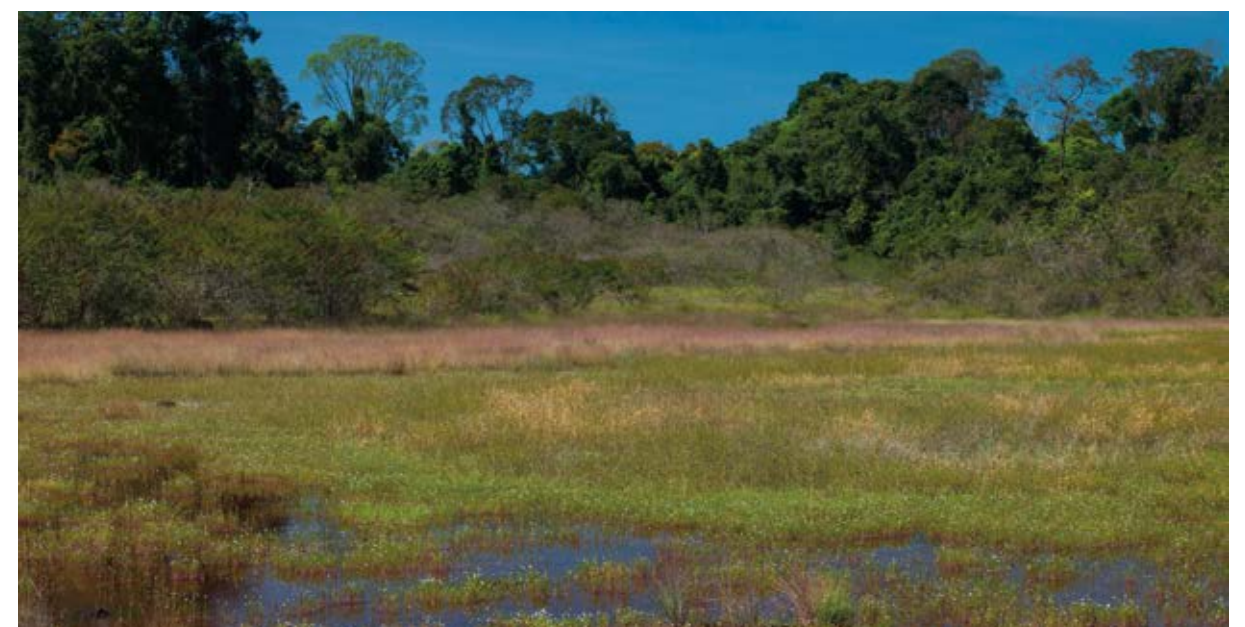
◀ Paisagem no início da estação seca
Landscape at the start of the dry season

◀ Frutos e sementes de *Ipomoea*
Ipomoea fruits and seeds



Chegada das chuvas

Diferentemente das expedições realizadas entre julho e dezembro, nossa visita em março revelou uma serra totalmente diferente. Mesmo no avião enfrentamos turbulência causada por uma das muitas tempestades típicas da estação e pousamos na pista molhada em Parauapebas. Desde a estrada não foi possível ver o topo das serras, que estavam encobertas por nuvens escuras, e assim partimos para o campo munidos de capas de chuva, sob uma mistura de garoa e chuviscos, enquanto a expansão verde-escura da floresta parecia crescer na frente





Flor-de-Carajás
(*Ipomoea cavalcantei*)



Não-me-toques – a mimosa (*Mimosa skinneri* var. *carajarum*) tem folhas delicadas dotadas de um mecanismo de perda de água acelerado, que causa um fechamento dos folíolos e um movimento do pecíolo para baixo. Basta um toque de um predador para desencadear esse movimento.



Touch me not! – a little mimosa (*Mimosa skinneri* var. *carajarum*) has delicate leaves with a rapid water loss mechanism that causes the leaflets to close and the petiole to move downwards. All that is needed is a touch of the predator to cause the leaf to fold over, protecting itself from a bite.

de nossos olhos. Nas áreas mais baixas a terra vermelha forma extensos lamaçais escorregadios, difíceis de atravessar. Na subida da serra o chão mais pedregoso e coberto de brita da rocha local estava empoçado e um riachinho corria ora à esquerda ora à direita da estrada.

Por volta de meio-dia a chuva amainou, e foi possível trabalhar de modo mais agradável. Isso porque, além do ar ainda fresco depois da chuva, uma profusão de flores das mais variadas espécies surge na época das chuvas. Entre as rochas inóspitas que vimos durante a estação seca havia um grande número de sementes que agora germinaram e as folhas tenras e verde-claras de *Perama carajensis* e *Reincourtia pedunculosa* contrastam com a cor escura da canga. As folhas vermelhas de *Monogereion carajensis* e *Brasilianthus carajensis* marcam a paisagem de modo intenso. Logo essas plantas herbáceas irão florescer formando verdadeiras nuvens de flores brancas, rosadas e azuis, transformando a aridez da canga num espetáculo memorável. Mesmo os bancos de líquens que estavam cinzentos e ressequidos agora estão encorpados e verdes, crescendo em nichos cobertos de musgos aveludados e abrigando pequenas plantas do mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*) que crescem nas fendas de rochas.

Totalmente repletas, as lagoas transbordam, formando cachoeiras que atravessam as estradas e jorram, forjando rios sobre as pedras nuas, indo desaguar em quedas d'água nas beiras dos afloramentos. Sobre essas pedras, bancos de ervas aquáticas, como a boca-de-leão-do-brejo (*Utricularia neottioides*) acumulam-se e florescem aproveitando a estação propícia e breve para completar seu ciclo de vida efêmero e multiplicar-se. Belas rosetas de folhas das diversas espécies de sempre-viva (*Syngonanthus discretifolius*) vicejam nas beiras das lagoas. Abundante folhagem do cara-de-cavalo (*Philodendron wulfschaegeli*) espalha-se pelos lagedos agora empoçados de água das chuvas, onde delicadas onze-horas (*Portulaca sedifolia*) abrem suas flores no mormaço do meio dia. Nesse ponto procuramos abrigo à sombra e perto da água para almoçar.

Folhas jovens e flores também são uma constante entre as plantas maiores que crescem sobre a canga. As flores brancas das canelas-de-ema (*Vellozia glauca*) e do mandacaru-da-canga (*Cereus hexagonus*) permanecem abertas





Festa dos besouros – as curiosas inflorescências da cara-de-cavalo (*Philodendron wulfschaegelii*) parecem espadas envoltas por uma bainha. A parte correspondente à espada possui as flores masculinas perto da ponta e femininas perto da base. A bainha envolve essa estrutura e permite acesso aos besouros polinizadores dessa espécie durante a noite, quando a base da espada esquenta e cria-se um ambiente propício para a atividade desses insetos no interior da inflorescência. Os besouros atraídos pelo perfume e pelo calor caminham sobre as inflorescências, ficando cobertos de pólen, que depositam sobre as flores femininas. No dia seguinte eles saem da inflorescência, carregando pólen para as flores de outras plantas.

Beetles feast – the peculiar inflorescences of the *cara-de-cavalo* (*Philodendron wulfschaegelii*) look like swords protected by a sheath. The inner part (or sword) has male flowers towards the tip and female flowers towards the base. The sheath that surrounds the sword permits access to the beetles during the night, and the base of the sword warms up, creating a suitable environment for the insects activity within the inflorescence. The beetles are attracted by the perfume of the flowers and the heat and trample all over the inflorescence, depositing pollen over the female flowers. The next morning they leave to the next 'cosy den' still totally covered in pollen, that eventually reaches to the flowers of other plants of the species.

durante a noite e são atraentes para mariposas, assim como as da pata-de-vaca-miúda (*Bauhinia pulchella*). Flores vermelhas tubulosas, como da flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) e laranja-forte do pequeno gravatá-da-canga (*Dyckia duckei*) podem ser vistas de longe e são procuradas pelos beija-flores. Nos platôs da Serra Norte as sempre-vivas de flor amarela (*Xyris brachysepala*) formam grandes populações que atraem abelhas. Nesse tipo de vegetação campestre existem muitas plantas cuja polinização depende do vento, como um grande número de espécies de capins e tiriricas.

* * *



The arrival of the rains

Our visit in March was fundamentally different from what we saw between July and December. Even during our flight we experienced strong turbulence caused by one of the many storms typical of this time of year and we landed on wet, slippery tarmac in Parauapebas. From the road we could not see the landscape as the mountains were hidden by dark clouds, so we headed for the field in our raincoats, under a mixture of drizzle and rain, while the dark green of the forest nearby seemed to get deeper and deeper ahead of us. In lower areas the red earth forms thick muddy, slippery patches that make driving slow and sometimes a bit dangerous. As we climb the steep roads the stony surface has puddles and the odd riverlet that runs down to the flats.

At midday the rain has ceased and it is possible to work in more pleasant circumstances. The air after the rain was cooler and a profusion of flowers from many species greeted us. Amongst the inhospitable rocks we saw during the drought there was a large number of seeds that now were germinating and the tender, pale-green leaves of *Perama carajensis* and *Reincoartia pedunculosa* contrast with the dark colours of the wet canga. Red leaves of *Monogereion carajensis* and *Brasilianthus carajensis* mark the landscape with intense drops of colour. Soon these plants will flower forming clouds of white, pink and even blue flowers, transforming the once dry canga into a memorable spectacle. Even the

▲
Pinheirinho-
da-canga
(*Paepalanthus
fasciculoides*)



Pinheirinho-do-brejo
(*Eriocaulon* aff. *setaceum*) cresce
durante a estação chuvosa

Aquatic Pinheirinho-do-brejo
(*Eriocaulon* aff. *setaceum*) grows
during the rainy season



Água-benta – a boca-de-leão-do-brejo (*Utricularia neottioides*) cresce associada a quedas d'água e possivelmente é polinizada por gotas de água que, ao respingarem de uma flor para outra transportam grãos de pólen causando a fecundação dessa espécie.

Holy-water – the white bladderwort (*Utricularia neottioides*) grows always on the rocks of waterfalls and rapids and is possibly pollinated by the sprinkling water that bounces from one flower to the next transporting pollen-grains and promoting seed formation.

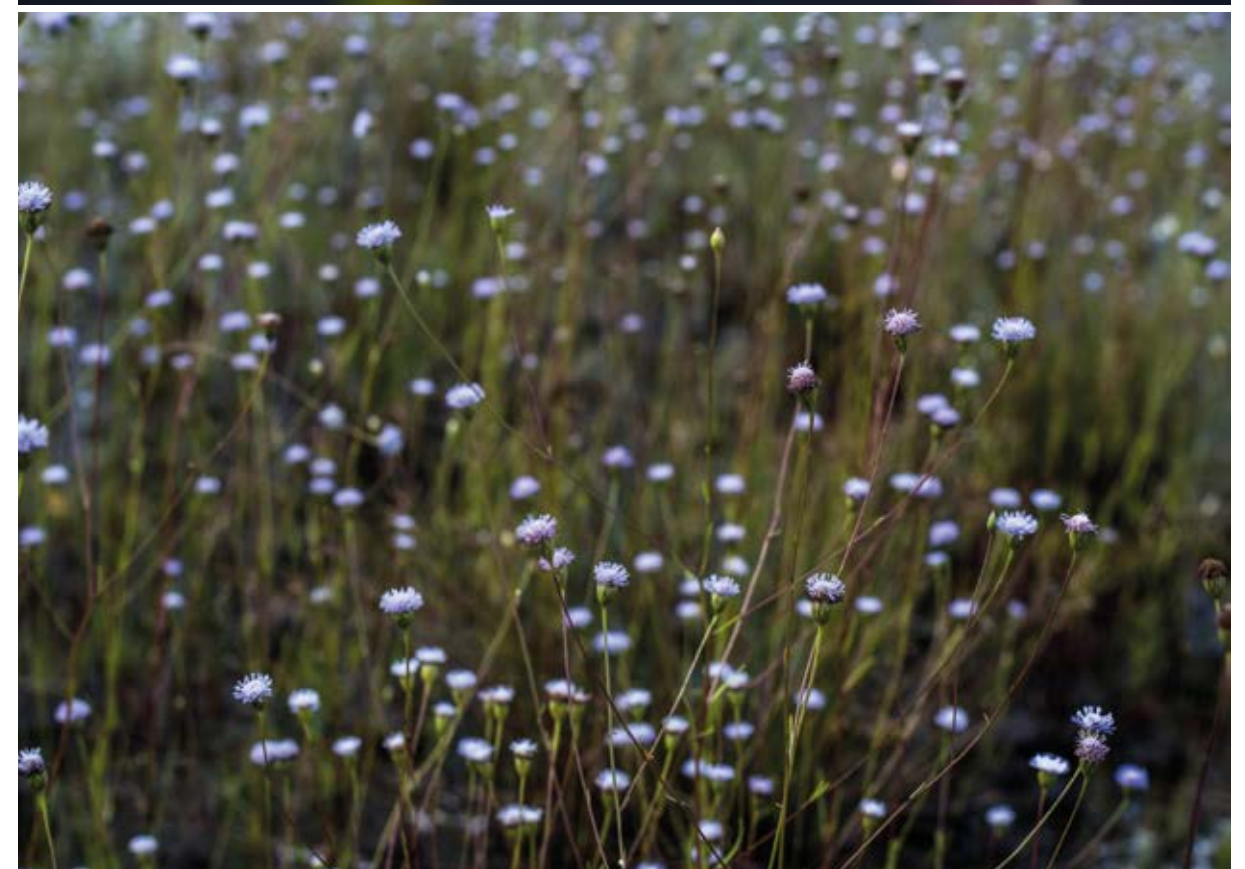
banks of lichens that were grey and dry are now green and lively, growing in niches covered by velvety mosses that nurse small seedlings of the *mandacaru-da-canga* (*Cereus hexagonus*) in rock crevices.

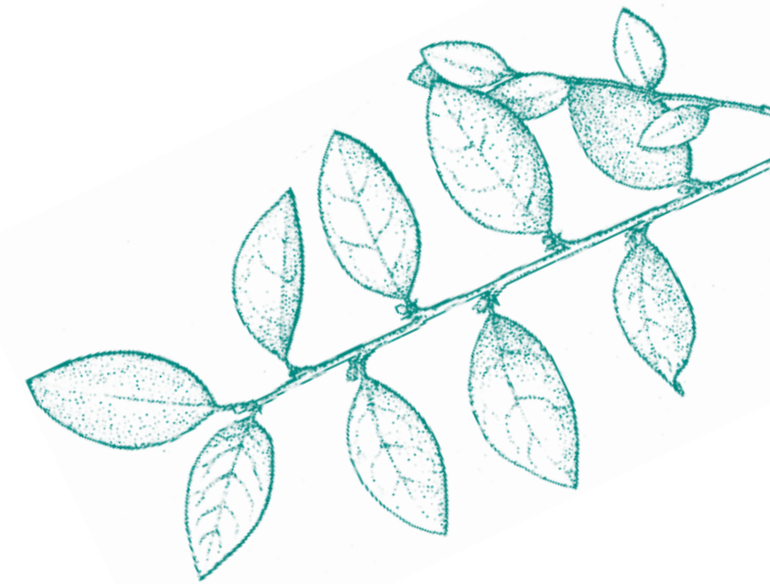
The lagoons are full to the brim, and where they overflow form rapids and small waterfalls cascading over naked rock, that eventually find a way onto the edge of the outcrops and back into the forest. Over these rocks cushions of aquatic herbs such as white-flowered bladderworts (*Utricularia neottioides*) appear and take advantage of the short propitious season to complete their ephemeral life-cycle and multiply. Beautiful rosettes of everlasting flowers (*Syngonanthus discretifolius*) occupy the edge of lakes and the flooded areas. Abundant foliage of the *cara-de-cavalo* (*Philodendron wulfschaegelii*) spread over the flat rocks that are now filled with rainwater, where small rose moss (*Portulaca sedifolia*) flower exactly at the hottest hour of the day signalling it is lunch time. We find some shade near the water in order to have our lunch break.

Young leaves and flowers are also found amongst the larger plants that grow on the *canga*. The white flowers of the *canela-de-ema* (*Vellozia glauca*) and *mandacaru-da-canga* (*Cereus hexagonus*) remain open during the night and attract hawkmoths, like the ones of the lesser cow's foot (*Bauhinia pulchella*). Red tubular flowers, such as the *flor-de-carajás* (*Ipomoea cavalcantei*) and the bright orange of the *gravatá-da-canga* (*Dyckia duckei*) can be seen from a long distance, and are sought after by hummingbirds. In the Serra Norte bright yellow everlasting flowers (*Xyris brachysepala*) form extensive populations that attract bees. In this same type of vegetation there are many species that depend on the wind for their pollination, such as a great number of grasses and sedges.

▶
*Lindernia
brachyphylla*

▶
Praxelis asperulacea





As plantas também viajam

A cada nova viagem, nosso trabalho de registrar as plantas prossegue. Para amostrar as plantas, preparamos espécimes botânicos. Este método de coleta tradicional consiste em prensar plantas inteiras (se forem pequenas), ramos de plantas ou mesmo pedaços de folhas, no caso de palmeiras. De preferência os espécimes coletados precisam estar férteis (em flor, ou fruto, ou com esporos no caso das samambaias por exemplo), para que possam ser identificados até o nível de espécie. Isto apresenta algumas limitações. Para fazer inventários completos de uma área precisamos visitá-la muitas vezes, para coletar a maioria das espécies na fase fértil. Para complicar ainda mais a situação, em Carajás há plantas anuais com ciclos de vida muito curtos, durando apenas alguns meses, e desaparecendo completamente durante a época seca.

A planta ou parte da planta coletada é colocada numa prensa entre folhas de papel e papelão, preservando a sua forma geral através de desidratação rápida. Quanto mais rápida a secagem, melhores ficam os espécimes, e existem diversos tipos de estufa nas quais secamos as nossas coletas¹⁰. Mas na alta umidade da Amazônia, e em locais remotos, às vezes é preciso preservar os materiais usando álcool e guardando as plantas prensadas em sacolas plásticas até chegarmos ao laboratório. Para garantir a eventual identificação das amostras como veremos a seguir, coletamos em duplicata, ou seja, várias plantas, ramos ou pedaços de cada espécime.

Vocês podem imaginar que nem todas as partes das plantas, como flores muito delicadas e frutos grandes, podem ser preservados apenas por prensagem. Por isso, separamos algumas flores e colocamos em recipientes com álcool para evitar que fiquem amassadas demais. Também colocamos frutos em sacos de papel para secá-los separadamente, pois não é possível

◀
Nara Mota
preparando
espécimes

Nara Mota
preparing plant
specimens

prensar grandes vagens, coquinhos de palmeira ou ouriços de castanha-do-Pará. Dependendo dos estudos que fazemos, coletamos fragmentos de folhas para análise de DNA usando saquinhos com sílica gel ou tubos fechados contendo CETAB. Os dois métodos evitam a deterioração dessas moléculas importantes, que registram a informação genética dos indivíduos e espécies coletados. Se estivermos estudando material arbóreo podemos levar amostras de madeira, e assim por diante. Idealmente essas coleções correlatas sempre são acompanhadas de um material prensado que será depositado no herbário, conhecido também como material-testemunho ou voucher.

Precisamos prestar muita atenção para registrar os dados que se perdem no material herborizado, como tamanho e formato da planta, cor das flores, perfumes e às vezes até sabores. Anotamos o local exato onde foi feita a coleta usando um ponto de GPS que também inclui a altitude, e registramos o tipo de vegetação e a situação exata na qual a planta cresce, a data e o nome da pessoa que a coletou (coletor) e seu número de coleta. Alguns de nós usam cadernos de coleta, outros digitalizam os dados imediatamente em seus computadores, muitas vezes no campo. Esses registros são fundamentais também para organizar as centenas de imagens que fazemos das plantas, registrando muitas características importantes que se perdem durante a herborização.

Os espécimes, uma vez secos, são levados ao herbário para identificar. O ponto inicial da identificação é designar a qual família pertence cada amostra. Parte desse trabalho é feito no campo por botânicos competentes, mas sempre ao chegar ao herbário fazemos um tipo de triagem colocando espécimes da mesma família juntos. Daí para a frente, procuramos em livros e artigos científicos a qual gênero e espécie essas plantas podem pertencer, e comparamos com outros espécimes já identificados no herbário e em sites reconhecidos on-line. Finalmente, para grandes grupos com muitas espécies diferentes crescendo num mesmo local, entramos em contato com especialistas, sendo que no nosso projeto "Flora das cangas de Carajás" tivemos colaboração de mais de 90 especialistas de mais de 30 institutos do mundo inteiro (disponíveis no site rodriguesia.jbrj.gov.br). Uma vez identificado, o material é atualizado e pausa sua viagem em um escaninho do herbário aqui no Pará, talvez em outro em Paris, e outro no Paraná, dependendo de onde houver especialistas capazes de conferir nossas identificações e interessados em obter materiais. Dissemos 'pausa' porque o estudo dos botânicos é dinâmico, e os avanços na ciência fazem com que uma série de espécimes pertencentes a uma espécie tenham que mudar de gênero, por exemplo, mudando de nome e sendo remanejadas para outra parte do herbário. Se a espécie ainda não havia sido detectada, pode ser que seja nova e será eventualmente descrita, recebendo um novo nome.

Hoje em dia, esses espécimes autoritativamente identificados, são digitalizados e suas informações passam a fazer parte de repositórios nacionais e internacionais de dados. No Brasil temos o projeto REFLORA (www.reflora.gov.br), com todos os registros acompanhados de imagens, e o Herbário Virtual (inct.splink.org.br). Isso aumenta a visibilidade dos espécimes e a utilidade dos mesmos para

todos os cientistas, profissionais da conservação e de outras áreas. Esses projetos coordenados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) também receberam apoio da Vale entre outras companhias privadas.

Plant travellers

Our work to record plants carries on trip after trip. In order to sample the plants we prepare herbarium samples or specimens. This traditional way of collecting involves pressing whole plants (if they are *small*), branches of plants or even pieces of leaves (if we are collecting palms for instance). Specimens have to be collected in their fertile state (in flower or fruit, or with spores in the case of ferns for example) to enable us to provide a species name for them. This presents some limitations. In order to survey an area in a complete manner we need to visit several times, over one year or more, to collect the majority of the species in their fertile state. In Carajás there is also the added complexity of finding annual plants with very short cycles that last only a few months and disappear without trace during the dry season.

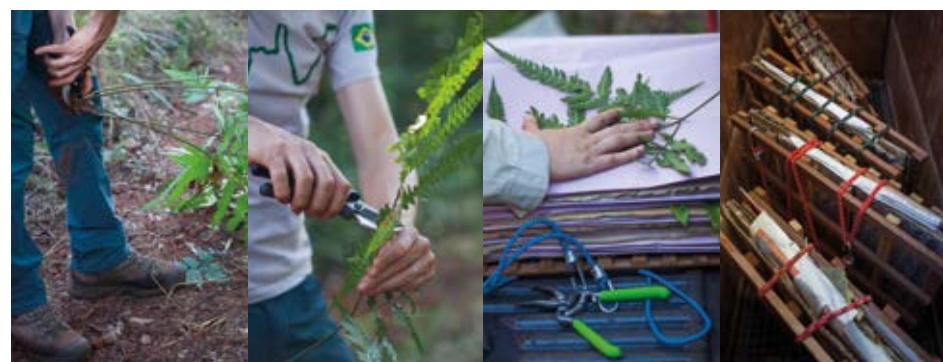
Plants or plant parts are collected and placed in a press between paper and cardboard sheets, preserving its general two-dimensional shape through rapid dehydration. The faster the drying method, the better the samples. We dry our specimens in different types of dryers¹⁰. However, in the high humidity of the Amazonian climate, and in remote places, we preserve the specimens by pouring alcohol over the flattened plants and storing them in plastic bags until we are able to bring them to the laboratory. In order to guarantee the eventual



naming of our specimens we collect several duplicates, i.e. many plants, branches or fragments of each specimen.

As you can imagine, not all parts of plants comply with the pressing methods. Small delicate flowers and bulky fruits being good examples. We separate some flowers and store them in jars filled with 70% alcohol so that they don't become too deformed. We also add fruits to paper bags and dry them outside of the press, as it is quite impossible to press large pods, palm or Brazil-nut fruits. Depending on the studies we are carrying out, we add pieces of leaf to small bags with silica gel or in tubes containing CETAB for DNA studies. Both methods avoid deterioration of the important molecules that record the genetic information of the individuals and species we collect. If we are studying trees we may take wood samples and so forth. Ideally such complementary collections should always be cross-referenced with the pressed material that is deposited and accessible in a herbarium, also known as voucher-specimens.

When preparing specimens we have to be careful to record data that are lost in pressed specimens, such as size and shape of the plant, flower and fruit colour, smell and even taste. We write the exact location where the collection was made, using a GPS point that also includes altitude, and we record the vegetation type and exact situation where the plant was found, the date and the name of the person who collected it (collector) and his or her collecting number. Some of us still use collecting books, others digitize data immediately in their computers,



Na prensa sempre cabe mais um – as prensas que nós utilizamos possuem uma série de características particulares. Devem ser leves, flexíveis e fortes para que possamos, por meio de duas cordas ou tiras, apertar ao máximo os espécimes coletados. Também devem favorecer a ventilação do material, para que este seque no mínimo de tempo necessário, conservando sua cor e sem perder as folhas.

Always room for one more in the press – the plant presses we use have a series of particular characters. They must be light, flexible and strong so that we can, with the help of a pair of straps or ropes, tighten the collected specimens to the maximum. The materials must also favour ventilation of the samples, so that these dry in a very short time, keeping their colour and without losing their leaves.

using purpose-built software. Such records are fundamental in organizing the hundreds of images that we take, recording many important characteristics that are lost once we press and dry the collections.

Naming is performed when the dried specimens are taken to the herbarium. The starting point is to determine which family the sample belongs to. Part of this work is made in the field by competent botanists, but when the material arrives at the herbarium we sort it, putting together specimens from the same family. From then onwards, we do our research in books and relevant papers in order to determine the genus and the species the plant may belong to, and then we match the new sample with authoritatively named specimens stored in the herbarium and also with on-line data. Finally, there are large, poorly known genera that have many different species growing in the same spot, so then we contact specialists. Our current project "*Flora das cangas de Carajás*" involves over 90 specialists in more than 30 institutes worldwide (available at rodriguesia.jbrj.gov.br). Once the specimen is named, the material receives an annotation and is updated in the electronic systems, and its travels pause here on a pigeon-hole shelf of a herbarium here in Pará state, may be on another in Paris and yet another in Paraná state, depending on where there are active specialists able to confirm our naming and interested in obtaining more material for their own research. We say the travel 'pauses' as botanical studies are dynamic, and the advances in our knowledge sometimes cause a series of specimens that were believed to belong to a species to change to another genus, for example, and then their



envelope contendo partes soltas (flores, frutos, sementes)
envelope containing loose parts (flowers, fruits, seeds)

escala de cores
colour scale

Elementos de uma exsicata –
como explicamos anteriormente,
vejam o que um espécime, ou
exsicata, deve conter.

Exsiccata and its elements –
as explained before, see what
a specimen, or exsiccata,
must contain.

escala
scale

logotipo
da instituição
institutional
logo



ramo florífero
flowering branch

família botânica
e identificação
botanical family
and identification

localidade
completa
complete locality

dados sobre
a planta
data about
the plant

nome e número
do coletor, data
collector name
and number, date

determinação
do especialista
determination provided
by a specialist

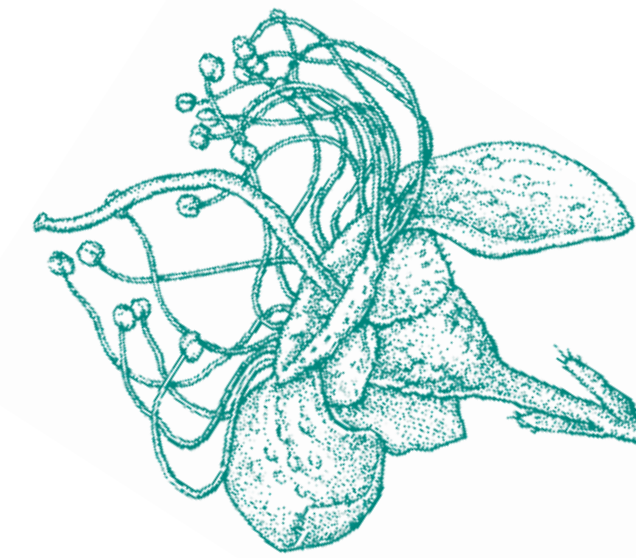
código de barras – identificador
único do espécime
barcode, the unique
identifier of the specimen



name has to be altered and they will move to another part of the herbarium. If a given specimen was not yet been named to species level, it may belong to a new species that eventually is described, thus the specimen receives a new name.

Nowadays authoritatively named specimens are digitalised and their information becomes available on-line in international repositories of data. In Brazil we have the REFLORA project (www.reflora.gov.br), where all records have an image, and also the Virtual Herbarium (inct.splink.org.br). This increases the visibility of the specimens and their usefulness for all scientists, conservation practitioners and people interested in the subject. These projects were coordinated by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and received support from Vale amongst other private companies.

▲
Preparando
espécime
de *Pavonia
malacophylla*
Preparing
a specimen
of *Pavonia
malacophylla*



Diversidade das plantas na FLONA de Carajás

Biodiversidade é o nome que nós biólogos usamos para explicar a existência de muitas espécies de seres vivos diferentes em um determinado local. Por exemplo, já contamos para vocês no capítulo I que o Brasil é o país com maior diversidade de plantas do mundo³.

A atividade básica que nós fazemos para medir a biodiversidade de um determinado lugar é preparar uma lista das espécies encontradas. O trabalho de levantamento botânico, ou listagem, pode ser apresentado em vários níveis de detalhamento. O princípio fundamental de todos eles é a correta identificação das espécies, preferencialmente realizada por botânicos especialistas.

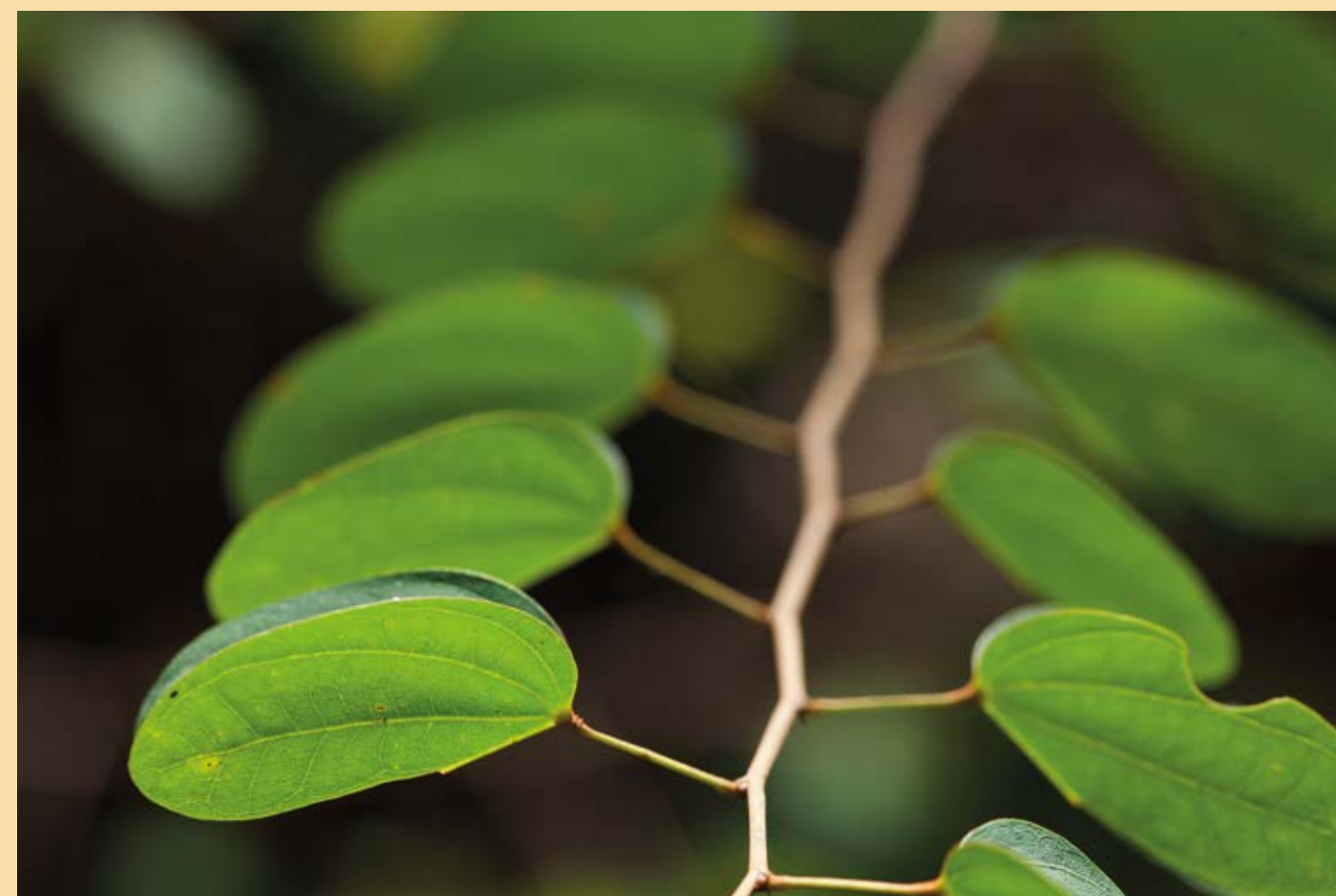
O tipo mais básico de levantamento envolve uma lista de espécies (as vezes chamada de check-list) que geralmente é feita por área geográfica. Dessa forma, a lista pode contemplar uma localidade, como a lista da Serra do Cipó¹⁷, focalizando alguns municípios dentro do estado de Minas Gerais, ou tratando de um bioma ou ecossistema, como a lista das angiospermas e gimnospermas do bioma das Caatingas³⁴, e mesmo uma lista a nível nacional, como é o Catálogo dos fungos e plantas do Brasil¹⁵. Essas listas foram elaboradas a partir de coletas realizadas nessas áreas, cobrindo todos os tipos de vegetação e todos os hábitos das plantas que ocorrem em uma determinada região (incluindo árvores, arbustos, trepadeiras, palmeiras, suculentas e ervas).

Uma lista baseada simplesmente na presença de espécies vegetais num local é conhecida como levantamento florístico. Uma lista deste tipo pode também utilizar métodos quantitativos, estudando se as espécies são comuns ou raras (frequência e abundância) numa determinada área. Esse tipo de trabalho é conhecido como levantamento fitossociológico. Em ambos os casos é imprescindível a associação do nome da espécie com a presença de um

◀
Faveiro-da-
-canga (*Parkia
platycephala*)



▲ Sentido horário/clockwise: *Camptosema ellipticum*, *Dioclea apurensis*, *Parkia platycephala* & *Aeschynomene*



▲
Bauhinia pulchella

Uma família, muitas formas de vida – A família do feijão e da soja, as Fabaceae²⁷, possuem formas de vida muito variáveis. Entre as quase 80 espécies dessa família registradas nas áreas de canga de Carajás, nós encontramos árvores, como o ingazeiro (*Inga capitata*) da beira dos rios e lagoas, arbustos, como o vem-cá-meu-bem (*Mimosa acutistipula* var. *ferrea*) e a pata-de-vaca-miúda (*Bauhinia pulchella*), tão comuns em áreas de canga, trepadeiras como o cipó-olho-de-boi (*Dioclea apurensis*) e o beijinho (*Camptosema ellipticum*) e ervas como *Mimosa skinneri* var. *carajarum*.

Many life-forms, one family – the bean and soy family, or Fabaceae²⁷, comprises a great diversity of life forms. Amongst almost 80 species found on the *canga* of Carajás, we find trees, such as the *ingazeiro* (*Inga capitata*) that grows at the river margins and near lagoons, shrubs like *vem-cá-meu-bem* (*Mimosa acutistipula* var. *ferrea*) and the lesser cow's foot (*Bauhinia pulchella*), so often found on the *canga*, lianas as the bull's eye vine (*Dioclea apurensis*) and the *beijinho* (*Camptosema ellipticum*), and delicate herbaceous *mimosa* (*Mimosa skinneri* var. *carajarum*).

material-testemunho, ou voucher (espécime com coletor, número e a indicação do herbário onde este encontra-se depositado). Assim, quando necessário, as identificações podem ser avaliadas, modificadas e confirmadas. Isto é o que chamamos de lista autoritativa. No passado não havia esse cuidado, sendo impossível conferir a identidade das plantas citadas em alguns trabalhos antigos. Da mesma forma, listas baseadas apenas em nomes comuns também não representam fontes autoritativas de informação da biodiversidade.

É importante explicar que existem diferentes maneiras de quantificar e interpretar a biodiversidade. Nos nossos trabalhos, lidamos com a riqueza de espécies, que é um retrato do número de espécies reconhecidas em uma área.

Plant diversity in the FLONA de Carajás

The abundance of different living beings in a locality is known as its biodiversity. For example, in chapter I we already told you that Brazil is the country with the highest plant diversity worldwide⁸.

The basic activity carried out for measuring biodiversity in a given place is to prepare a species list of all that we find. A botanical survey, or checklist, may be presented in different level of detail. The basic principle is that all surveys must have the species correctly identified, preferably by specialist botanists.

The most basic survey involves a checklist delimited by geography, thus a list may serve one location, such as the Serra do Cipó⁷, focusing on a few

Schiffneriolejeunea polycarpa



Frullania sp.



Campylopus sp.



Musgos de sol e de sombra – Os musgos, conhecidos tecnicamente como briófitas, estão entre os primeiros representantes das plantas terrestres. Com crescimento e reprodução intimamente relacionada com a presença de umidade, estas plantas ocorrem à sombra, e são muito comuns em ambientes de floresta úmida. Em Carajás, existem briófitas que preferem esse tipo de habitat sombrio e úmido, e outras que conseguem crescer em fendas de rochas em áreas abertas e ensolaradas. Os especialistas estimam que existam 84 espécies de musgos nas *cangas* de Carajás!

Mosses in sun and shade – Mosses, technically known as bryophytes, are amongst the first representatives of land plants. Reproducing and growing in humid places, many are found in the shade and are very common in wet forest environments. In Carajás there are bryophytes that grow in shady, humid places, while others manage to grow in rock crevices in open, sunny spots. Specialists estimate that there are 84 species of moss in the *cangas* of Carajás!

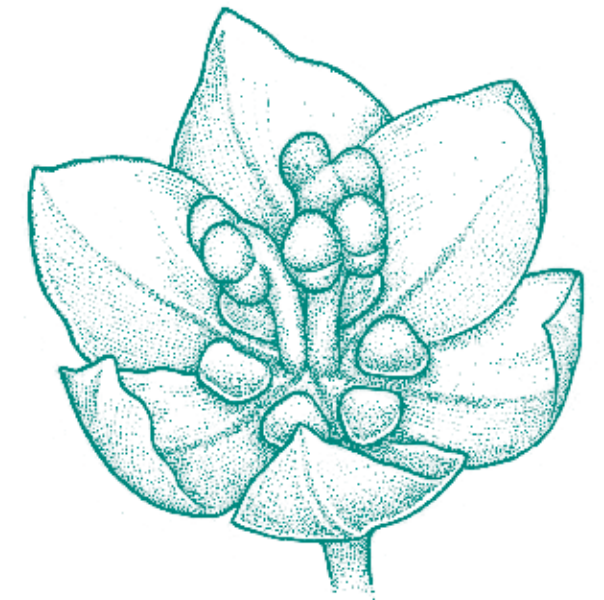


▲
Bauhinia pulchella

municipalities within the state of Minas Gerais, or may deal with a biome or ecosystem, such as the list of angiosperms and gymnosperms of the *Caatinga* biome³⁴, or even a national list, such as the Catalogue of Brazilian plants and fungi³⁵. Such lists were elaborated based on collections made for these areas, covering all vegetation types and all plant forms found there (including trees, shrubs, lianas, palms, succulents and herbs).

A list based only on the presence of plant species in a given place is known as plant survey. This type of list may also use quantitative methods, studying whether the species are common or rare (frequency or abundance) in an area, then it is known as phytosociological survey. Both cases depend on the association of the species name with a voucher specimen with collector, number and the indication of the herbarium where the specimen is housed. Thus the identifications may be evaluated and confirmed when necessary. This is what we call an authoritative list. In the past, people did not proceed in this manner and it became impossible to check back on the identity of plants cited in papers prepared in this way. In a similar manner, lists that used only common or vernacular names do not represent authoritative sources for biodiversity information.

It is important to explain that there are different ways to quantify and interpret biodiversity. In our work, we deal with species richness that portrays the number of species known for an area.



Preparando uma Flora

Como dissemos logo acima, existem diferentes tipos de levantamento, mas estas listas não dão uma idéia do aspecto visual de cada planta, e não são suficientes para que as pessoas interessadas reconheçam as plantas encontradas em um local. Com o avanço de tecnologias de imagem e disponibilização de dados em websites, ficou mais fácil preparar guias ilustrados que ajudam no reconhecimento das espécies.

Mas realmente o trabalho definitivo que permite reconhecer e diferenciar distintas espécies de maneira detalhada é o que chamamos de Flora. Esse tipo de trabalho geralmente aborda grupos de gêneros e espécies organizados em famílias botânicas, e trazem chaves de identificação dos gêneros e das espécies encontradas no local, além do nome da espécie com seu(s) autor(es), seguido pela descrição de cada espécie de planta e dos espécimes examinados provenientes da área em questão, bem como da indicação do herbário onde estes estão depositados. Este tratamento, também conhecido como monografia, pode incluir a referência de onde a espécie foi descrita, ilustrações das espécies, mapas de distribuição e comentários que enriquecem o trabalho e facilitam a compreensão dos leitores acerca das espécies, de suas diferenças e particularidades.

A primeira flora do Brasil e a única completa até o presente é a *Flora brasiliensis*⁴⁴, uma obra ricamente ilustrada onde foram descritas 18.857 espécies em 15 volumes. Editada inicialmente por Martius e posteriormente por Eichler e Urban, esse trabalho levou 74 anos para ser publicado, com a colaboração de mais de 50 especialistas europeus durante uma época conturbada na qual muitos países estavam em guerra. Para mostrar a importância e a perseverância do trabalho em desenvolvimento, é referido que não passou nem um só dia em que não houvesse alguém trabalhando nela.

◀
Justicia



▲
Palhinhea cernua

Além da Flora do Brasil 2020^{8,49}, mencionada no início deste capítulo, e que está sendo preparada on-line por mais de 700 botânicos trabalhando em tempo real, algumas floras estaduais estão em andamento no Brasil, como as floras de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia, Ceará, Paraíba e outros estados, mas nenhuma na região norte. Além de um checklist do estado do Acre⁵¹, um dos únicos exemplos de uma listagem florística completa na região amazônica é a da Reserva Ducke³⁶ nos arredores de Manaus, porém apenas 20% dos tratamentos por família foram finalizados.

A vegetação e a flora das serras de Carajás têm uma longa história de estudos associados com os diversos licenciamentos necessários para a mineração. A primeira planta coletada na região está depositada no Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi e data de 1969. Desde então, muitos trabalhos com a flora da área e o que contém maior número de espécies é a lista das cangas das serras de Carajás preparada por Manoela Ferreira da Silva e colaboradores em 1991, incluindo 58 famílias, 145 gêneros e 232 espécies (das quais 72 estão identificadas apenas até o nível de gênero).

A elaboração da flora das cangas da FLONA de Carajás⁴⁶ está sendo feita através de um convênio entre o Museu Paraense Emílio Goeldi e o Instituto Tecnológico Vale, iniciado em 2015 com previsão de término até dezembro de

2017. Na primeira etapa, foram compilados os mais de 15.000 espécimes que haviam sido coletados na área desde a descoberta das serras em 1967 e que estão depositados em oito herbários - principalmente no Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), no Herbário da Universidade Federal de Minas Gerais (BHCB) e no Herbário da Vale em Parauapebas (HCJS). Durante essa fase foi gerada uma lista inicial com 526 espécies da canga, incluindo angiospermas, gimnospermas e pteridófitas. No projeto atual além desses grupos são também incluídas as briófitas.

Foi preciso solicitar e obter autorização de coleta na FLONA ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) com a finalidade de realizar coletas nas Serra Norte, Serra Sul, Serra do Tarzan e Serra da Bocaina para enriquecer o acervo do herbário MG, observar e fotografar plantas no campo para ilustrar a flora e formar o banco de DNA do ITV.

Foram selecionados e convidados 74 especialistas que colaboram com tratamentos das diversas famílias. Atualmente registramos 161 famílias nas cangas, sendo 116 de angiospermas, perfazendo um total de aproximadamente 1.000 espécies. Os especialistas que aceitaram o convite receberam duplicatas dos espécimes do MG e do BHCB e muitos visitaram também o IAN (Embrapa Amazônia Oriental), HCJS (Vale Carajás, Parauapebas) e RB (Jardim Botânico do Rio de Janeiro) além de consultarem acervos digitais.

A família Xyridaceae foi selecionada para fazer um tratamento-modelo para a flora, e após ampla discussão este foi aprovado para ser seguido nas demais monografias. Cada monografia aborda uma família botânica e inclui uma breve caracterização da família, chave para gêneros, caracterização dos gêneros, chave

Utricularia amethystina



Epidendrum nocturnum





Encyclia randii

▶
Gnetum nodiflorum



Gimnospermas na Amazônia – o grupo das Gimnospermas inclui os pinheiros e as araucárias, e é mais dominante nas regiões frias do mundo. Com menos de 30 espécies no Brasil, na Amazônia este grupo é representado por espécies trepadoras de *Gnetum* (Gnetaceae).

Amazonian gymnosperms – this group includes pine and monkey-puzzle trees and is more dominant in colder regions of the globe. With less than 30 species found in Brazil, in the Amazon Rainforest this group is chiefly represented by climbers of the genus *Gnetum* (Gnetaceae).

para espécies, descrição de cada espécie, material examinado, comentários e distribuição, pelo menos uma prancha de desenhos ou fotos ilustrando as estruturas, bibliografia. As monografias, uma vez avaliadas por dois revisores, são publicadas na revista *Rodriguésia* do Jardim Botânico do Rio de Janeiro em 2016 e 2017 (volumes especiais). As ilustrações foram feitas geralmente por ilustradores sediados em Belém. Pranchas de fotos coloridas também foram preparadas.

Como podem observar, a publicação de uma flora não é uma tarefa fácil e depende da colaboração e dedicação de um grande número de especialistas botânicos e pessoal de apoio. Porém, quando pensamos em ter a flora das cangas de Carajás completa e publicada, tanto em papel como na internet, vemos que isso trás uma grande compensação. Quando concluído o terceiro volume, será possível saber a identidade, ou espécie, de qualquer planta que tivermos em mãos, desde que esteja fértil (em flor e ou em fruto). Também poderemos consultar informações sobre os locais onde ela ocorre (ou distribuição geográfica) tanto no continente como na FLONA, como diferenciá-la de outras espécies próximas, bem como sua época de floração e frutificação e seus usos, quando conhecidos.

Através deste trabalho nós podemos afirmar que a flora e as associações vegetais encontradas aqui em Carajás são únicas e diferem de outras áreas de canga como aquelas encontradas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.

Os dados presentes na Flora representam a base para qualquer trabalho que utilize essas espécies. A Flora também é uma contribuição importante para a Flora do Brasil 2020^{8,48}, mencionada acima. O Pará conta com cerca de 6.300 espécies de angiospermas e gimnospermas e a contribuição da flora das cangas será da maior importância para o conhecimento da Floresta Amazônica, o bioma menos conhecido do país.

* * *

Preparing a Flora

The major shortcoming of the different types of survey enumerated above is that they do not convey information about the visual aspect of the plants, and are not sufficient for the people who are interested in but not experts on the flora to recognize the plants found in one place. With the advance of imaging technology and the proliferation of websites it became easier to prepare illustrated guides that help in species recognition.

However, the definitive work that allows us to differentiate between species is called a Flora. This type of work is generally organized by plant family and focuses on the genera and species found in a given area, using identification keys to distinguish between them, as well as the giving species' name followed by its author(s), a description and a list of the samples that were examined under each species, and an indication of the collections, or herbaria, where these are found. Each treatment, also known as a monograph, may include the reference to the work where the species was first described, species illustrations, distribution maps and comments that enhance the publication and make it easier for the reader to understand more about the species, their differences and peculiarities.

The first flora written for Brazil, and also the only one to be completed until the present moment is the *Flora brasiliensis*⁴⁴, a lavishly illustrated folio work

Turnera caerulea



that describes 18,857 species in 15 volumes. Initially edited by von Martius and afterwards by Eichler and Urban, this work took 74 years to complete, with the contribution of over 50 European specialists who worked during an era of international turmoil, when many countries were at war. In order to show the importance and perseverance of the work carried out, it is believed that not a single day passed without a botanist being dedicated to this task.

Besides the Brazilian Flora 2020^{8,49}, that was mentioned at the start of this chapter, and receives on-line real time contributions from over 700 botanists, several state floras are ongoing in Brazil, for instance in the states of Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia, Ceará, Paraíba and others, but there is no such initiative in the north of the country. As well as the checklist for the state of Acre¹¹, one of the only examples of a complete floristic list for the Amazon Rainforest in Brazil is the one published for the Ducke Reserve³⁶ in Manaus. However, even so only 20% of its family monographs were concluded thus far.

The vegetation and flora of Carajás has a long history of studies that have taken place mostly associated with the licences needed for mining the area. The first specimen collected in the region was deposited at the Museu Paraense Emílio Goeldi herbarium and dates back to 1969. Many different surveys have since followed and the one with the largest species number is the list of the *canga* of the Serra de Carajás prepared by Manoela Ferreira da Silva and collaborators in 1991, including 58 families, 145 genera and 232 species (of which 72 were named only to genus).

The Flora of the *cangas* of the FLONA de Carajás⁴⁶ is being developed through an agreement between the Museu Paraense Emílio Goeldi and the Instituto Tecnológico Vale that started in 2015 and will end in December 2017. The initial stage included the compilation of data from eight herbaria, mainly from the Museu Paraense Emílio Goeldi (MG) and from the Universidade Federal de Minas

▶ *Rhynchospora barbata*

▶ *Rhynchospora acanthoma*



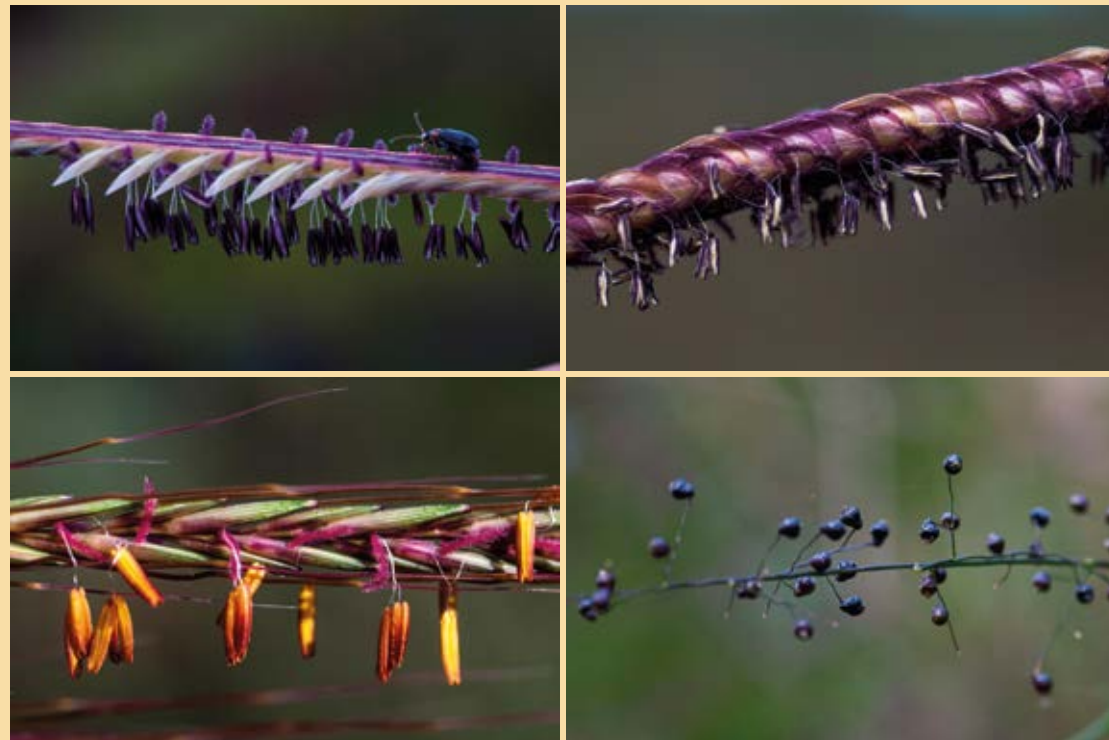
▲ *Polygala adenophora*

Gerais (BHCB) and the Vale Herbarium at Parauapebas (HCJS) amalgamating data from over 15 thousand herbarium records that have been collected since the area was discovered, 50 years ago. This phase produced an initial list with 526 species that grow on the *canga*, including angiosperms, gymnosperms and ferns. As well as those groups this project includes also the bryophytes.

Collecting permits to work in the FLONA were requested and approved by the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) so that we could collect in the Serra Norte, Serra Sul, Serra do Tarzan and Serra da Bocaina and further enhance the holdings of the MG herbarium and observe and photograph plants in the field to illustrate the flora and to form the DNA bank at ITV.

Invitations were issued to specialists to contribute treatments of their chosen plant families. We have recorded today 161 families of plants growing on the *canga*, 116 of which are angiosperms, adding up to 1,000 species. The participating specialists received duplicates from MG and BHCB herbaria and some visited also IAN (Embrapa Amazônia Oriental), HCJS (Vale Carajás, Parauapebas) and RB (Jardim Botânico do Rio de Janeiro), and consulted digital resources.

The plant family Xyridaceae was selected as a model treatment and following discussions and approval this was the example for other monographs. Each monograph focuses on a botanical family and consists of a brief family characterization, key to genera, generic characterization, key to species, species' description, list of examined material, commentary and geographical



Poaceae família campeã – entre as mais de 160 famílias de plantas registradas até agora nas cangas, sem dúvida aquela com o maior número de espécies é a do arroz e do milho, e também do capim. As mais maravilhosas paisagens das serras que visitamos são realçadas pelo vento soprando as folhas e as inflorescências das mais de 90 espécies da família Poaceae encontradas no local.

Champion family Poaceae – among more than 160 plant families recorded so far in the canga, the one with the highest species count is the one that includes rice and corn, as well as grasses. The most wonderful landscapes of the region are highlighted by the wind softly blowing the leaves and inflorescences of more than 90 species of grass found locally.

▲ Sentido horário/
clockwise:
Paspalum spissum, *Paspalum reticulinerve*, *Lasiacis ligulata* & *Trachypogon spicatum*

distribution, and at least one plate of drawings or photos illustrating the structures, and a bibliography. The monographs, once evaluated and accepted by a peer review process, are published in *Rodriguésia*, the in-house journal of the Jardim Botânico of Rio de Janeiro, in 2016 and 2017 (special volumes). Illustrations were prepared by artists based in Belém and colour plates were also provided for some plant groups.

By now you must agree that publishing a flora is not an easy task and depends on wide collaboration and the dedication of a large number of botanists and support people. However, the advantages of having the Flora of the *cangas* of Carajás completed and published, available both as hard copy and electronically is worth the effort. With the conclusion of the third and

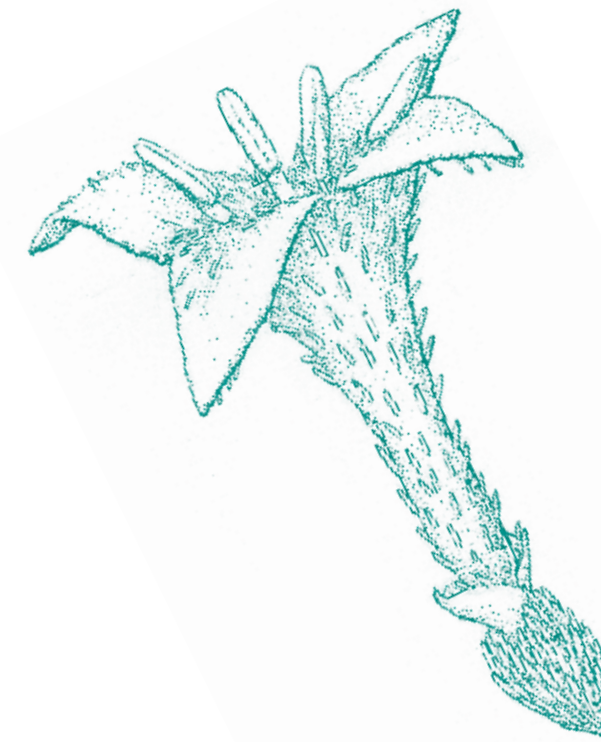
last volume of this work it will be possible to know the identity of any fertile plant that we find within our area. We will also be able to consult information regarding the exact location where it grows, both within the FLONA and in a wider scope, and there will be guidance provided regarding the differences between it and other close species, its flowering and fruiting time and its uses if those are known.

Through our work, we are able to affirm that the flora and the plant associations found here in Carajás are unique and differ from other canga areas found in the Iron Quadrangle area in Minas Gerais.

Baseline data from the Flora are fundamental for any work that uses any of the species. The information is also an important support to the Brazilian Flora 2020²⁸ which we mentioned above. Today, Pará has a record of around 6,300 species of seed plants, and the contribution of this study will be very important to improve the knowledge of the Amazon Rainforest, the least well known biome of Brazil.

Cuphea carajasensis





Espécies especiais de Carajás

Aprendemos até agora que as cangas de Carajás hospedam uma grande diversidade de plantas. Então, como podemos utilizar essas áreas para mineração e ao mesmo tempo preservá-las para as próximas gerações? São cerca de 1.000 espécies, mas algumas delas com mais apelo, tanto para o governo do Brasil sob forma de leis específicas de proteção, como para as comunidades de pessoas e animais que as utilizam. Quais são essas plantas e como podemos protegê-las? Também precisamos lembrar das espécies da floresta encontradas ao redor das cangas.

A lei 12.651 de 2012, também conhecida como código florestal, fala do uso da terra e a associação com as espécies especiais da fauna e da flora. São especialmente aquelas usadas pelas comunidades locais, as endêmicas (aquelas que só são encontradas num local), as raras (que ocorrem com poucos indivíduos numa área), as ameaçadas de extinção (aquelas que, pelos parâmetros de avaliação propostos pela UICN – União Internacional de Conservação da Natureza – podem estar em vias de extinção no planeta). Devido a essa lei foram propostas as listas de espécies ameaçadas de plantas (Portaria 443)²⁹ e de animais (Portarias 444 e 445), publicadas em dezembro de 2014, assim como várias normas e portarias posteriores, que devem ser rigorosamente seguidas por quem utiliza a terra e os recursos naturais.

As comunidades de pessoas no entorno da FLONA de Carajás têm uma relação muito antiga com as plantas, datando de milhares de anos. Plantas foram e continuam sendo fontes de alimento, remédios, produção de utensílios e abrigo. Em termos de quantidade, a maioria desses recursos é proveniente das florestas, onde encontramos árvores como a castanha-do-Pará (*Bertolletia excelsa*), com suas nozes de alto valor alimentício e comercial; os cedros

◀
Xyris brachysepala



▲
Utricularia physoceras

(*Cedrella fissilis* e *Cedrella odorata*), o grapiá (*Apuleia leiocarpa*), o jutaí-pororoca (*Hymenaea parviflora*), o anjelim-pedra (*Dinizia excelsa*), a itauba (*Mezilaurus itauba*) e o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) que produzem madeira de grande valor. Outras, como o cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*), são usadas no artesanato. Essas espécies já constam da lista das espécies da flora ameaçada²⁹ (Portaria 443) na categoria VU (Vulnerável) pois sofrem exploração contínua que talvez não seja sustentável.

Nas cangas, incluindo os capões, várias plantas são utilizadas, como os deliciosos frutos do cajueiro (*Anacardium occidentale*). Nas cangas encontramos dois tipos de caju mas que tem o mesmo nome científico. O caju arbóreo que na área chega a 12 metros de altura, com frutos de 6-7 cm (incluindo a castanha) e o caju da canga um arbusto ramificado com fruto de cerca de 3 cm. Ambos são doces e deliciosos especialmente quando se está no campo trabalhando sob o sol impiedoso. Outro fruto que quando encontramos é uma festa é o abacaxi-da-canga (*Ananas ananassoides*) um pequeno abacaxi com 4-5 cm de comprimento que é bem doce e serve para saciar a sede. Uma das plantas mais procuradas nos capões é o jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), espécie considerada como VU na lista de plantas ameaçadas, pelo seu uso

provavelmente não sustentável e porque ocorre apenas nos estados do Pará, Piauí e Maranhão. É um arbusto com folhas compostas que são coletadas para a retirada da pilocarpina, um alcaloide muito utilizado na indústria de remédios para a cura do glaucoma, e também de cosméticos, especialmente para os cabelos. Na área ocorre também o jaborandi-da-canga (*Pilocarpus carajasensis*) e pode ser distinta pelas suas folhas simples.

As plantas das cangas possuem um grande potencial paisagístico: há várias orquídeas terrestres como a orquídea-bambu (*Sobralia liliastrum*) de lindas flores brancas e também outras, epífitas; diversas bromélias, imbés, e mesmo um cacto; há arbustos do grupo das quaresmeiras e trepadeiras da família da batata-doce, como a flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*).

Várias outras espécies das cangas são especiais por terem características fisiológicas ou ecológicas que permitem que cresçam em ambientes com grande concentração de ferro e outros metais. Muitas dessas só ocorrem nesses ambientes de canga (principalmente em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Bahia e aqui em Carajás). Imagine, quando você anda sobre a canga ao meio dia, qual o estresse sofrido pelas plantas que ali habitam. São condições especiais e extremas de calor, exposição aos elementos como vento e água, alta intensidade luminosa, drenagem impedida ou imediata dependendo da situação.

Aquelas espécies que somente ocorrem em uma localidade são chamadas espécies endêmicas⁴⁷. Esse é um termo relativo, pois podemos dizer que uma determinada espécie é endêmica do Brasil, ou do Cerrado, ou do estado do Pará, mas geralmente o termo endêmico corresponde a uma área mais restrita. Geralmente as ilhas e as montanhas tem grande número de espécies endêmicas, pois estão isoladas por uma matriz diferente na qual as plantas

Borreria semiamplexicaulis

▼
Syngonanthus discretifolius





Lepidaploa paraensis



O solitário *Daphnopsis filipedunculata* – Esta espécie possui plantas de sexos separados e durante algum tempo conhecíamos apenas uma população na Lagoa da Mata com espécimes com flor masculina e que, por isso, eram incapazes de formar fruto. Buscas recentes descobriram plantas femininas em outras áreas então será possível reverter a sorte destes rapazes!

The solitary one, *Daphnopsis filipedunculata* – This species has plants of different sex and for a while we knew only of a single population at the Lagoa da Mata where all specimens had male flowers and were not able to form fruits. Recent searches revealed female plants in neighbouring areas and thus it will eventually be possible to improve the luck of these guys!

não tem condições de crescer, ficando restritas aos locais propícios para seu crescimento. Em termos de conservação, essas espécies endêmicas restritas têm prioridade total, pois uma alteração no ambiente em que vivem pode levar à extinção das espécies.

Estamos trabalhando numa lista definitiva das espécies endêmicas das serras de Carajás, mas todas as espécies cujo material-tipo foi coletado nessa área estão sendo consideradas como “prováveis endêmicas”. Por isso o nosso esforço de trabalho deve ser concentrado especialmente nelas, para registrar a distribuição total da espécie e verificar a sua raridade na área.

Na lista de espécies ameaçadas de extinção²⁹ temos 12 espécies que ocorrem sobre as cangas e que são consideradas como “prováveis endêmicas” da FLONA de Carajás. A justificativa para a presença das espécies nessa lista é a sua distribuição restrita associada à ocorrência de atividades de mineração em áreas próximas. Destacamos entre as ervas e subarbustos a *Mimosa skinneri* var. *carajarum* (CR- criticamente ameaçada), *Axonopus carajasensis* (EN- em perigo), *Hypolytrum paraense* (EN) e *Monogereion carajensis* (EN). Entre as trepadeiras, *Ipomoea cavalcantei* (EN), com suas belas flores vermelhas, e *Centrosema carajasense* (VU- vulnerável), facilmente reconhecível pelo pecíolo alado. Um dos

►
Borreria elaiosulcata



arbustos nessa lista é o *Erythroxylum nelson-rosae* (EN), da família e gênero do qual se extrai a cocaína.

Além da determinação do endemismo restrito à FLONA dessas e de outras espécies consideradas atualmente como “prováveis endêmicas”, precisamos avaliar a situação das populações dessas espécies dentro da área que estudamos para determinar a sua raridade. Quanto mais rara, maiores e melhores medidas de conservação devem ser adotadas. A determinação de raridade é feita através de um extensivo trabalho de campo para cada espécie, contando o número de indivíduos por unidade de área.

A escolha das espécies cuja raridade está sendo analisada inclui tanto as “prováveis endêmicas”, como aquelas listadas no livro de espécies raras do Brasil¹⁸, publicado em 2009. Para a FLONA de Carajás são relacionadas oito espécies raras. Dessas, *Axonopus carajasensis*, da família do arroz e do milho, *Hypolytrum paraense* da família das tiriricas e *Ipomoea cavalcantei* e *Erythroxylum nelson-rosae* também estão na lista de ameaçadas conforme mencionado acima.

Desse modo, muitas vezes a mesma espécie pode estar classificada ao mesmo tempo como endêmica e rara, e por isso ser categorizada como ameaçada. As

Coletor de folhas de jaborandi atravessa a canga levando sua carga às costas

Jaborandi leaf collector crosses the canga carrying a full backpack

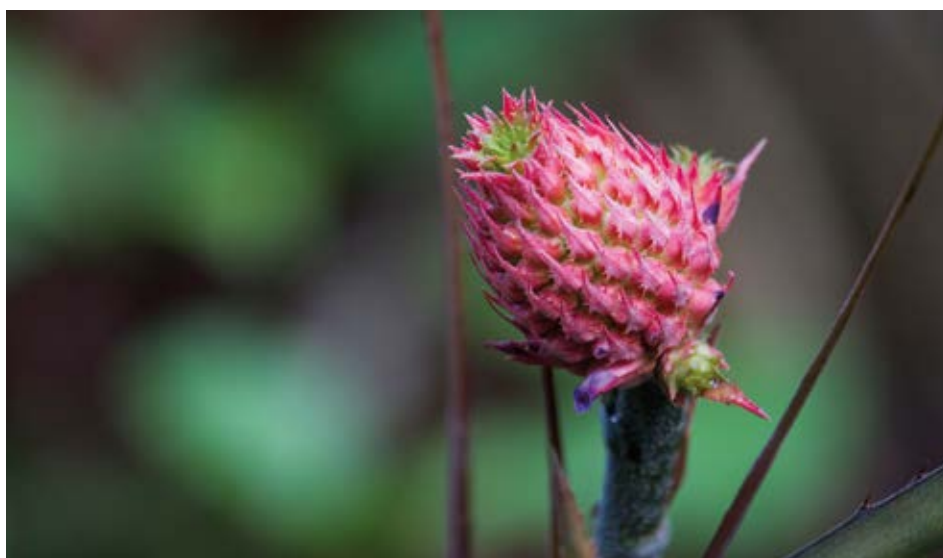


cangas de Carajás são um laboratório ao ar livre para o estudo dessas plantas, permitindo-nos descobrir a melhor maneira de preservá-las, usando medidas que podem incluir mitigação, conservação das áreas onde ocorram ou compensação ambiental. Por isso, enquanto as espécies endêmicas, raras e ameaçadas por um lado representam um impedimento para o uso da terra, por outro lado a sua utilização na recuperação de áreas degradadas (RAD) está prevista por lei, e deve ser considerada prioridade na escolha de plantas para recomposição das áreas impactadas pela ação do homem.

Carajás has special species

Now that we know about the high plant diversity found in Carajás, we must think how the areas can be used for mining and at the same time preserve the plant species for the next generation? There are around 1,000 species, some of which

▲ *Brasilianthus carajensis*



Falsos frutos – Vocês sabiam que o caju (*Anacardium occidentale*) que comemos não é o fruto mas é o cabo que sustenta a flor (pedicelo) que fica entumecido? O fruto verdadeiro é a castanha e o que se come torrado é a semente. Também no abacaxi-da-canga (*Ananas ananassoides*) o que chamamos de fruto é na realidade uma infrutescência onde todas as flores da inflorescência ficam juntas e crescem quando frutificam, simulando um único fruto.

Fake fruits – Did you know that the cashew-fruit used for making juice (*Anacardium occidentale*) is not a fruit but the swollen flower stem? The true fruit is the nut that we shell to get to the edible part. Also the *canga* pineapple (*Ananas ananassoides*) that we call a fruit, is in reality an infructescence where the pollinated flowers grow together when pollinated, simulating a single fruit.



have a higher appeal, both to the Brazilian government, as they are protected by specific laws, and for the local communities of people and animals that use them. Which ones are these plants and how can we protect them? We also need to consider that the forest surrounding the *canga* has its own rich flora.

The Brazilian Forest Code, governed by the law number 12,651, dating from 2012, establishes the kind of land use and its association with special species of the fauna and flora. These species that are used by local communities, endemic, or found in a single place, or rare, that occur with few individuals in an area, or threatened when evaluated against parameters dictated by the International Union for Conservation of Nature – IUCN, are considered to be at risk of disappearing from the planet. This law created the need for lists of endangered species of plants²⁹ (*Portaria 443*) and animals (*Portarias 444 e 445*), published in December of 2014, as well as several norms and regulations which should be rigorously followed by whoever uses the land and its natural resources.

An ancient relationship between man and plants dating back thousands of years has been detected around the FLONA de Carajás. Plants were and continue

►
*Monogereion
carajensis*



Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) – pertencente à família do limão e da arruda (Rutaceae), usa-se sua folhagem para extrair óleos essenciais importantes, de uso medicinal, como a pilocarpina, e também no preparo de cosméticos, especialmente capilares. Arbusto ou arvoreta crescendo no subosque, tem folhas compostas com muitos folíolos pequenos que liberam um cheiro forte quando esmagados. Nas serras de Carajás também ocorre *Pilocarpus carajensis*, uma espécie diferente, com folhas maiores e simples (à direita).

Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) – belonging to the lemon and rue family (Rutaceae), this plant has important essential oils in its foliage, being used to produce medicines such as pilocarpine and cosmetics for the hair. It is a treelet or shrub that grows in the understory, and its compound leaves with many leaflets have a strong smell when crushed. In Carajás there is another species, *Pilocarpus carajensis*, with simple, larger leaves (to the right).

to be a source of food, medicine, material to make artefacts and build shelters. The bulk of these resources is derived from the forested areas, where large Brazil nut trees (*Bertolletia excelsa*), with their highly nutritious and commercially valuable nuts; Brazilian cedars (*Cedrella fissilis* and *Cedrella odorata*), the *grapiá* (*Apuleia leiocarpa*), *jutaí-pororoca* (*Hymenaea parviflora*), *angelim-pedra* (*Dinizia excelsa*), *itauba* (*Mezilaurus itauba*) and Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla*) that produce valuable wood. Others, such as *cipó-titica* (*Heteropsis flexuosa*), are heavily used for making handicrafts. Such species are already listed as threatened in the Brazilian Red List²⁹ (Portaria 443) as VU (Vulnerable) as they undergo continuous exploitation that may not be sustainable.

Many plants that grow on the *canga* and associated forests are used, for instance the delicious fruits of the cashew nut (*Anacardium occidentale*). There are two types of cashew in the area, a tree that reaches 12 m tall, with 6-7 cm long fruits and a shrub that grows on the *canga* with fruits up to only 3 cm long, both identified as belonging to a single species. They are both edible and very sweet, a real find when we are working under the relentless sun. Another fruit that is

►
Sporobolus multiramosus





▲
Blechnum areolatum

▲
Parapiqueria cavalcantei

great to find is the *canga* pineapple (*Ananas ananassoides*) a small pineapple that reaches 4 or 5 cm long and is very sweet and good to quench the thirst. One of the most sought after plants in the area is the *jaborandi* (*Pilocarpus microphyllus*), considered vulnerable in the Brazilian Red List, because its probably unsustainable use occurs throughout its range in the states of Pará, Piauí and Maranhão. This shrub has compound leaves that are collected to produce pilocarpine, an alkaloid that is used to cure glaucoma, and also for the cosmetic industry, especially for hair treatments. In Carajás we also have another species of the same genus, the *jaborandi-da-canga* (*Pilocarpus carajasensis*), distinguished from the other one by its simple leaves.

With so many beautiful flowers, the plants of the *canga* have ornamental potential and could be used in gardens and landscape design. There are many terrestrial orchids such as the bamboo orchid (*Sobralia liliastrum*) with beautiful white flowers, and also epiphytes; several bromeliads, aroids, and even a cactus species; shrubs from the glory tree family and climbers from the sweet potato family, such as the *flor-de-carajás* (*Ipomoea cavalcantei*).

Many *canga*-dwelling species are special because of their physiology and ecology, being able to grow in hostile environments with high concentration of iron and other metals. Many of these species only occur in these environments in the states of Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Bahia and Pará. When we walk over

this ground at midday we get an idea of the stress these plants must undergo daily. The extreme heat, exposure to sunlight, wind, rain, and either impeded or instant drainage, depending on their situation.

As stated before, species that only occur within one locality are known as endemic⁴⁷. This term is relative, as we may say that a plant that only occurs in Brazil is endemic to this country, likewise to a large biome such as the *Cerrado*, or a large state like Pará. However, the term is more meaningful when it corresponds to a more restricted area. Species that occur on islands or on mountain tops are often endemic as they are isolated surroundings that differ from the spots where they occur, thus becoming trapped in the places they are adapted to. In terms of conservation, restricted endemic species have the highest priority, because a single alteration to their environment may lead to total extinction.

We are currently working on a definitive list of the endemic species from Carajás, but all species that were described from type specimens collected

Mouriri cearensis
var. *carajasica*





▲
Eleocharis pedrovianae

▲
Buchnera carajasensis

▶
Monogereion carajensis

within the area of the Flora are being considered possible or 'putative' endemics. Therefore our efforts have to concentrate on these species, in an attempt to record their total distribution and to verify how rare they are within the area.

The Brazilian Red List²⁹ records 12 species that grow on canga and are considered putative endemic from the FLONA de Carajás. The reason those species figure in this list is a consequence of mining activities in nearby areas. We highlight amongst the herbs and subshrubs *Mimosa skinneri* var. *carajarum* (CR - Critically Endangered), *Axonopus carajasensis* (EN - Endangered), *Hypolytrum paraense* (EN) and *Monogereion carajensis* (EN). The climbers and lianas include *Ipomoea cavalcantei* (EN), with beautiful crimson flowers, and *Centrosema carajasense* (VU - Vulnerable), easily recognizable by its winged leaf-stalk. One of the shrubs included in this list is *Erythroxylum nelson-rosae* (EN), included in the same family and genus of the coca, which is used to extract cocaine.

As well as determining whether the endemism of these and other putative endemic species is indeed restricted to the area of the FLONA, it is important to evaluate the situation of the populations of species found within the area, to verify how rare they are. The rarer a species, more and better measures have to be adopted to conserve it. This evaluation of rarity involves extensive field work



for each species, through counting and estimating the number of individuals per unit of area. The species choice for analysing rarity includes the putative endemics together with plants listed in the book of rare Brazilian species¹⁸ published in 2009. Within the FLONA de Carajás there are eight of these species, among which are a grass, *Axonopus carajasensis*, a sedge, *Hypolytrum paraense* and *Ipomoea cavalcantei* and *Erythroxylum nelson-rosae* also belong to the Red List as mentioned above.

The same species may be classified both as endemic and rare, thus being categorized as threatened. The cangas of Carajás are an open air laboratory for the study of these plants, allowing us to discover the best way to preserve them, using measures that may include mitigation, conservation of the areas of occurrence or environmental compensation. Thus, while the endemic, rare or threatened species represent an impediment for land use, on the other hand they are an asset to be used in the recovery of degraded areas (RDA) which is legally foreseen and must be considered as a priority for the re-vegetation of disturbed areas.

◀
Lepidaploa arenaria

Perama carajensis
▼

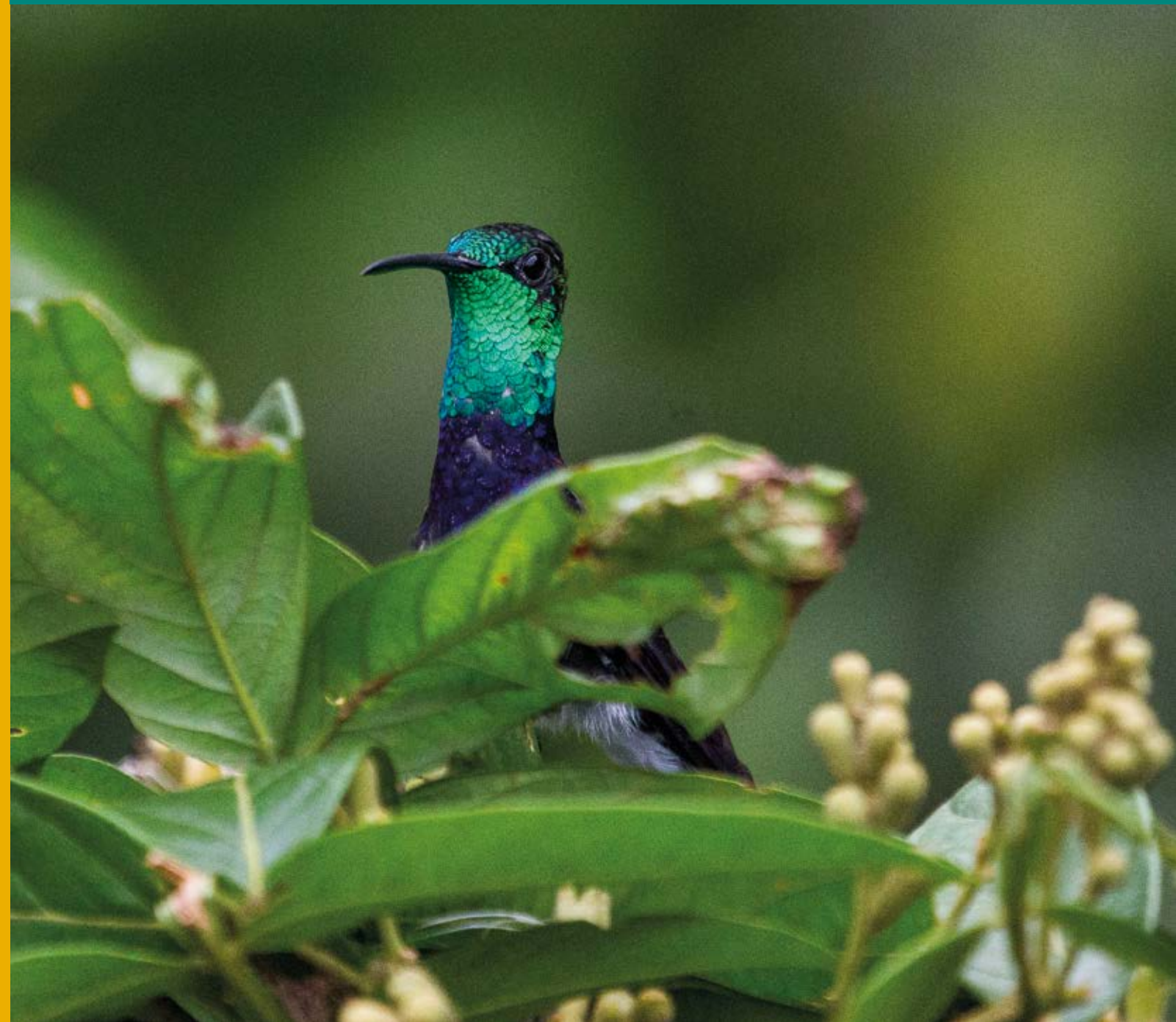


5

Flora e fauna em harmonia

Flora and fauna in harmony

Vera L. Imperatriz-Fonseca
Tereza C. Giannini





As interações entre espécies têm um papel fundamental na natureza. Existem muitos tipos de interação, mas, particularmente importantes, são as associadas aos hábitos alimentares que envolvem a fauna e a flora. Por exemplo, espécies de aves, morcegos, moscas e abelhas que se alimentam de recursos florais como néctar e pólen, atuam como polinizadores¹³. No caso das cangas de Carajás, estudos preliminares mostraram que a grande maioria das plantas é polinizada por abelhas.

A polinização é uma das interações mais significativas da natureza. Cerca de 90% das 390.000 espécies de plantas com flores conhecidas no mundo se beneficiam e muitas vezes dependem da visita de animais para se reproduzirem.

◀ **Visita de *Melipona seminigra* às flores de pau-preto (*Cenostigma tocantinum*)**

Melipona seminigra visiting flowers of pau-preto (*Cenostigma tocantinum*)



◀ **Abelhas (*Eulaema*) visitando *Catasetum discolor***

Bees (*Eulaema*) visiting *Catasetum discolor*

Eles carregam os grãos de pólen de uma flor para outra, e com isso ajudam a planta a se fertilizar. Com a polinização por animais, a fecundação dos óvulos da planta é mais eficiente e as sementes produzidas são mais nutritivas e melhor formadas³³. Além disso, aumenta a variabilidade genética da população na natureza. Esta interação é muito antiga na evolução, pois plantas com flores já interagiam com os polinizadores há 120 milhões de anos, quando ainda existiam dinossauros no planeta.

Outro tipo de interação entre animais e plantas que é muito importante para a natureza, pois influencia a composição da paisagem e o vigor das novas

▶
A abelha *Melipona flavolineata* visitando uma flor de *Andira inermis*
Melipona flavolineata bee visiting a flower of *Andira inermis*



▶
Abelha visitando *Ipomoea carajasensis*
Bee visiting *Ipomoea carajasensis*



plantas, é a dispersão das sementes²⁶. Muitas vezes esta dispersão (assim como a polinização) é realizada pelo vento, mas os animais são dispersores muito especializados. Após se alimentarem de frutos, aves e mamíferos, por exemplo, podem defecar a grandes distâncias levando as sementes muitas vezes por quilômetros de sua planta de origem. Sementes podem também ser carregadas no bico e patas de animais, sendo dispersas dentro de um habitat ou para áreas muito remotas. Frutos e sementes também oferecem recursos para animais menores, e podem ser transportados localmente por lagartos e formigas, sendo levadas para os ninhos desses animais onde as sementes germinam e podem até se beneficiar dos detritos que servem como fertilizantes para as plântulas.

O padrão de interações tem sido representado por uma rede de conexões, onde as espécies que estabelecem parceria na natureza são unidas entre si. As espécies que compõem uma rede têm papéis distintos. Algumas são chamadas de generalistas, pois estabelecem maior número de interações com diversos parceiros. Por outro lado, outras são mais especialistas, e interagem com um menor número de parceiros. Muito frequentemente, as espécies generalistas interagem entre si criando um núcleo central, no qual essas poucas espécies dominam grande parte das interações. Além disso, as interações são assimétricas, ou seja, as espécies especialistas tendem a interagir com as mais generalistas.

▶
Trigona pallens visitando flores de açai (*Euterpe oleracea*)
Trigona pallens visiting açai (*Euterpe oleracea*) flowers

Beija-flor visitando
Ingá (*Inga edulis*)
Hummingbird visiting
Ingá (*Inga edulis*)



Disso decorre que as espécies generalistas que, aliás, são mais comuns na natureza, são muito importantes pois sustentam a rede de interação. Ademais, elas são geralmente associadas com maior tolerância à variáveis ambientais, ocorrendo em áreas geográficas maiores. Essas características as tornam importantes pois elas podem atuar em áreas degradadas, sustentando redes de interação em locais onde existe baixa diversidade. Por outro lado, as especialistas são geralmente mais vulneráveis à mudanças de uso de terra, perda de habitat e mudanças climáticas e necessitam de atenção. Apesar de as interações especialistas muito restritas serem raras na natureza, o desaparecimento de certas espécies de animais no habitat pode acarretar a perda de espécies de plantas que dependem unicamente deles para sua reprodução sexual.

Assim, devido sua importância, as interações têm ganhado cada vez mais espaço na pesquisa científica e nos programas de conservação. Em Carajás, estão sendo conduzidos alguns projetos visando aumentar o conhecimento sobre as interações entre animais e plantas na área.



Flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) – conhecida apenas da Serra Norte, é a flor símbolo da área, e foi nomeada em 1981 em homenagem a um dos primeiros botânicos a trabalhar na região, o Dr Paulo Cavalcante, que coletou na região nos idos de 1970.

Flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) – known only from the Serra Norte, is the iconic flower for this area and was named in 1981 after the botanist Paulo Cavalcante, one of the pioneering scientists who collected in the region during the 1970s.

Interactions between species have a fundamental role in nature. There are many such interactions, however a particularly important group comprises those associated with the feeding habits between fauna and flora. Species of birds, bats and bees feed on floral resources such as nectar and pollen, acting as pollinators³³. In the case of the cangas of Carajás, preliminary studies show that the vast majority of plants found there is pollinated by bees.

Pollination is one of the most significant interactions found in nature. Approximately 90% of the nearly 400 thousand species of flowering plants known on the planet benefit and sometimes depend on visits from animals in order to reproduce. Animals carry pollen grains from one flower to another thus helping to fertilize the ovules, leading to the production of fruit and seed. Animal pollination promotes more efficient pollination and there is evidence that the seeds produced are more nourishing and better formed³³. It also increases genetic variability of natural populations of plants. This interaction dates back a long time in the evolutionary lineage of both plants and animals, and there is evidence that

◀
Arara azul
alimentando-se
de frutos de inajá
(*Attalea phalerata*)
Hyacinth macaw
eating inajá (*Attalea
phalerata*) fruits

◀
Cotinga pintada
alimentando-se
de frutos de
mandiocão
(*Schefflera
morotoni*)
Plum throated
cotinga eating
mandiocão
(*Schefflera
morotoni*) fruits



Maritaca-de-cabeça-azul
em mandiocão
Blue headed parrot
on mandiocão



120 million years ago such a relationship was already established, when dinosaurs were still walking the land.

Another interaction that involves animals and plants and is of great important for nature, landscape composition and the vigour of new plant populations is seed dispersal²⁶. Often dispersal, much like pollination, depends on the wind, however there are animals that are highly specialized at dispersing seeds. After feeding on fruits, birds and mammals, for example, may carry the seeds in their gut and evacuate them kilometers away from the mother plants. They also may carry seeds in their beak, feet and paws, moving them to different areas of their habitat or to remote areas. Fruits and seeds may also offer resources to smaller fauna, and be transported short distances by lizards and ants into rock crevices and even into their nests, where germinating seeds may benefit from the abundant debris as a fertilizer for the nourishment of the new seedlings.

Interaction patterns have been represented by a web of connections where the species that establish partnerships in nature are linked to each other. Species in a network have different roles. Some are called generalists as they have a large number of interactions with different partners. On the other hand, more specialist ones interact with a smaller number of partners. Frequently the generalist species interact between each other creating a central nucleus where these few species dominate a large part of the interactions. It is important to point out that the interactions are asymmetric, and the specialist species tend

▲ Frutos de inajá (*Attalea phalerata*) comidos por anta e posteriormente evacuados, sementes predadas por roedores

Inajá (*Attalea phalerata*) fruits eaten by tapir and evacuated, seeds predated by rodents

▼ Abelha aproximando-se de flor de quaresmeira-da-canga (*Tibouchina edmundoi*)

Bee approaching quaresmeira-da-canga (*Tibouchina edmundoi*) flower

▶
Borboleta visitando
Camptosema
ellipticum
 Butterfly visiting
Camptosema
ellipticum



▶
Justicia
potamogeton
 visitada por vespa
 Wasp visiting
Justicia
potamogeton



to interact with the more generalist ones. Often the species that are more abundant in nature assume a highly important role because they sustain the interaction network. Moreover, these are generally associated with a higher tolerance to environmental variation, and have a larger area of occurrence. Such characters make them important as they are able to live in disturbed areas, sustaining the interaction network where there is low diversity. Nevertheless, it is important to be aware that the specialist species are more vulnerable to current changes in land use, habitat loss and climatic change, and their loss may be intimately linked to the loss of certain plant species.

Due to their importance, the study of these relationships has gained more space in scientific research and conservation programmes. In Carajás we are carrying out several projects aiming to increase the knowledge regarding such interactions.

▶
Eulaema
pseudocingulata
 visitando *Catasetum*
discolor
Eulaema
pseudocingulata
 visiting *Catasetum*
discolor

6

O fim desta viagem *The end of this journey*

Ana Maria Giuliatti
Guilherme Oliveira
Rodolfo Jaffé





Estamos chegando ao fim da nossa viagem, e agora já conhecemos vários tipos de vegetação, tanto as florestas que dominam a região como as cangas e suas diferentes composições em toda sua exuberância. Além de ser belíssima, a flora da região é única, contando com muitas plantas e associações vegetais que só ocorrem em Carajás. Sabemos que nessas cangas existem mais de 1.000 espécies de plantas já catalogadas que, interagindo com fauna associada, garantem a manutenção de importantes serviços ecossistêmicos, incluindo sequestro de carbono, limpeza das águas, controle de erosão, controle biológico de pragas, polinização e dispersão de sementes, entre outros. Nesta região está um dos maiores depósitos de minério de ferro do mundo, que vem sendo estudado e explorado ao longo dos últimos 50 anos. Quais serão os fundamentos para essa relação de uso e sustentabilidade a longo prazo? Como essa relação comprova que os recursos da terra podem ser utilizados de modo sustentável e como ela pode ser mantida e melhorada visando a conservação desse conjunto único de seres vivos? Consideramos que o principal segredo é que todos os atores que fazem parte integrante nesse contexto assumam o seu papel.

Cabe aos cientistas aportar, a cada dia, novos conhecimentos sobre a identificação e distribuição das espécies e de suas estratégias para sobrevivência na região. Apesar desta nossa contribuição, a Amazônia ainda representa uma grande lacuna de conhecimento. Essas pesquisas incluem o levantamento da flora das cangas, o estudo e monitoramento de espécies especiais, o levantamento das plantas da canga com maiores possibilidades de sucesso em programas de RAD (Recuperação de área degradadas) e também estudos da evolução da flora nos últimos 50 mil anos considerando o panorama das mudanças climáticas³⁵. Em especial, seria importante destacar duas áreas de pesquisa recentemente criadas e que associam intensivo trabalho de campo com tecnologia avançada, como a Genômica Ambiental e Genética da Paisagem.

Página anterior:
Gradiente de
revegetação de
uma pilha de estéril
após mineração
mostrando da direita
para a esquerda: solo
exposto, fases iniciais
e fase avançada de
revegetação formando
pequeno capão

Previous page:
Revegetation
gradient on a sterile
pile after mining
showing from right
to left the exposed
soil, initial phases
of plant growth and
formation of a grove

◀
Pau-amarelo
(*Vochysia
haenkeana*)

Abordagens de genética da paisagem permitem identificar barreiras que reduzem o fluxo gênico ou a diversidade genética, e prever os efeitos a longo prazo de desenhos alternativos de reservas ou corredores ecológicos sobre a variação genética e conectividade entre populações⁵. Vários projetos em andamento estão quantificando a influência das características da paisagem sobre a diversidade genética e o fluxo gênico em um conjunto de plantas endêmicas das cangas de Carajás. Os resultados gerados irão facilitar o planejamento de áreas protegidas, corredores ecológicos e programas de conservação *ex-situ* para as espécies particularmente vulneráveis. Por exemplo, a identificação das populações geneticamente diferenciadas de uma espécie endêmica é um conhecimento necessário para planejar ações de conservação que visem a preservação de uma parte de cada população, evitando ou diminuindo a perda de diversidade genética.

Os estudos de genômica visam inicialmente gerar uma referência molecular para as plantas da região. Esta referência torna-se uma ferramenta auxiliar importante para a identificação das espécies de maneira rápida, otimizando o trabalho do taxonomista. O extenso trabalho de campo da nossa equipe de

Vista da mina de ferro N5

View of the N5 iron mine



botânicos propiciou a formação de um banco de DNA que possibilitou a geração de uma coleção de códigos de barra de DNA. Trata-se de uma abordagem avançada que permitirá a obtenção de impressões digitais das espécies que ali ocorrem. Espera-se que esta coleção possibilite a identificação computacional das espécies de plantas da região. Nos casos em que maior resolução é necessária, foi feito o sequenciamento do cloroplasto (ou plastídeo). O genoma do plastídeo auxilia também no desenvolvimento de ferramentas que usam o DNA como forma de avaliação do sistema. Finalmente, em casos de taxonomia muito complexa, em que máxima resolução é necessária, o sequenciamento do genoma nuclear é realizado. A genômica também oferece uma abordagem poderosa para realizar estudos sobre a fisiologia e mecanismos adaptativos das plantas, além de permitir o estudo da estrutura genética e fluxo gênico das populações no ambiente^{22, 25}.

Cabe às empresas que fazem uso da terra, no contexto deste livro as que utilizam o substrato das cangas de alta qualidade para mineração, a responsabilidade de atendimento às leis que regulam os processos de licenciamento e sua continuidade, com ênfase na execução dos procedimentos de mitigação e conservação das espécies e/ou compensação ambiental das áreas. O suporte à criação e manutenção de áreas protegidas é um grande avanço nesse processo.

▲ Anna Luiza Ilkiu-Borges coletando num curso d'água

Anna Luiza Ilkiu-Borges collecting by water stream

▶
 Botânicos Lourival Tisky e Ana Maria Giuliatti estudando espécimes no Herbário Carajás (HCJS)
 Botanists Lourival Tisky and Ana Maria Giuliatti studying specimens at the Herbário Carajás (HCJS)



Cabe aos órgãos governamentais encarregados do controle ambiental, a fiscalização das atividades das empresas que atuam em todo o país. As atividades desenvolvidas dentro da FLONA de Carajás requerem o constante acompanhamento desde a fase de planejamento, garantido a sustentabilidade do processo. Nesse sentido deve ser destacada a parceria entre o ICMBio e a VALE, com a contribuição de muitos outros setores da sociedade, resultando na assinatura do decreto de 5 de junho de 2017 que criou o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, reunindo a Serra do Tarzan (antigamente uma parte muito bem conservada da FLONA de Carajás) e a área de compensação da Serra

da Bocaina, das quais já se conhece o alto valor biológico, e o financiamento para a sua manutenção está garantido.

Todos esses atores devem trabalhar em associação, com profissionalismo e entusiasmo, compartilhando os dados obtidos. Visamos a preservação da biota, especialmente a não perda líquida de espécies e dos serviços a elas associados.

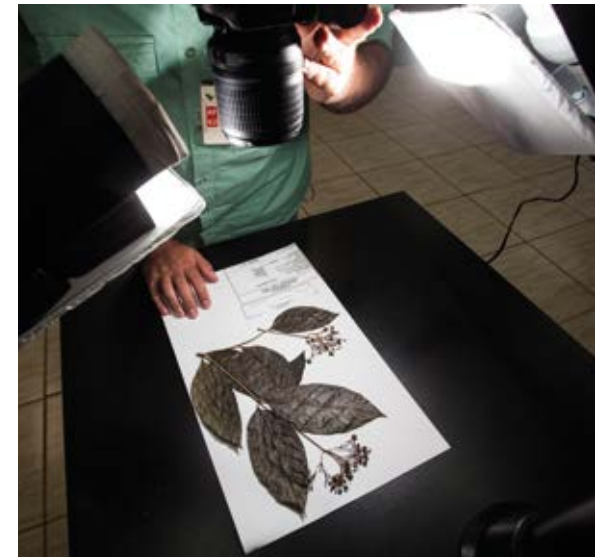
Porém, não podemos esperar que os outros façam nossa tarefa. Cada cidadão deste país e especialmente das comunidades que vivem nos arredores da FLONA de Carajás, grande parte deles com seu sustento e de sua família proveniente da indústria de mineração, precisa reconhecer o seu papel e ser parte integrante desse processo de sustentabilidade. Somente com essa posição iremos possibilitar a continuidade da mineração como um importante segmento econômico do país e especialmente do estado do Pará. Faremos com que este seja um exemplo para o Brasil e para o mundo de que é possível fazer uso dos recursos naturais e ao mesmo tempo respeitar a flora, a fauna e as comunidades envolvidas com a natureza.

Está na hora de pegar o nosso avião de volta para Belém! Mas com certeza ainda temos muito trabalho pela frente!



Parque Nacional dos Campos Ferruginosos – medindo 79.000 hectares, este parque inclui a Serra da Bocaina e a Serra do Tarzan, ambos exemplos belíssimos da vegetação sobre *canga*. O parque também compreende áreas florestadas circundantes, garantindo a preservação de um grande número de plantas e animais da região.

Parque Nacional dos Campos Ferruginosos – measuring 79,000 hectares, this park includes the Serra da Bocaina and the Serra do Tarzan, both beautiful examples of *canga* vegetation. The park also comprises forested areas surrounding the *canga* outcrops, ensuring the preservation of a large number of plants and animals in the region.



We arrived at the final moment of our fascinating botanical travels through the area of Carajás. We now know several vegetation types that include both the forests that dominate the region and the amazing open *canga* landscapes. The fantastic flora of the region is unique, counting with many plants and plant associations that only occur here in Carajás. We became aware that there are over 1,000 catalogued plant species growing on and around the *canga* outcrops that, interacting with the associated fauna, ensure the maintenance of important ecosystem services including carbon sequestration, clean water, erosion control, biological control of plagues, pollination and seed dispersal amongst others. The region is home to one of the largest reserves of iron ore on the planet, with a long history of research and exploitation over the last 50 years. What is the basis for this use and sustainable relationship to function in the long run? How does it prove that the earth's resources may be used in a sustainable way and how can this relationship be maintained and improved in order to conserve this special and unique group of living things? We consider that the main secret is that all people involved must assume their particular roles.

It is for the scientists to daily contribute new knowledge regarding the identity and distribution of the species and their strategies for survival in the area. Despite of our efforts in making this contribution, the knowledge of the Amazonian flora is still incomplete. Research including surveys of the flora of the cangas, study and monitoring of special species and researching which species have more potential for success in RDA (Recovery of Degraded Areas) programmes, and also studies of the evolution of the flora in the last 50 thousand years taking climate change into consideration³⁵. There are two areas that we would like to touch upon, as their

▲
Espécime de herbário sendo digitalizado
Herbarium specimen being digitalized

▲
Alice Hiura trabalhando no Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi
Alice Hiura working at the Herbarium of the Museu Paraense Emílio Goeldi

◀
Hibiscus furcellatus

creation is recent and involve extensive field-work and advanced technology, such as Environmental Genomics and Landscape Genetics.

Genetic landscape allows to identify the barriers that reduce the gene flow or genetic diversity, predicting the long term effects of alternative designs for reserves or ecological corridors upon the genetic variation and connectivity amongst population⁵. Several ongoing projects are quantifying the influence of the landscape characteristics over the genetic diversity and the gene-flow in a group of plants that are endemic of the cangas of Carajás. The results will help to plan protected areas, ecological corridors and *ex-situ* conservation programmes for particularly vulnerable species. For instance, the identification of different populations of an endemic species is the type of knowledge that is needed to plan conservation actions that aim to preserve a part of each population, avoiding or minimising genetic diversity loss.

Genomic studies aim to provide a molecular reference for the plants of the region. This reference becomes a useful tool to quickly identify species, optimizing the work of the taxonomist. The extensive fieldwork carried out by our botany team made possible to form a DNA bank with a collection of DNA barcodes. This is advanced approach will allow us to obtain a digital impression of the species that occur there. It is expected that this collection will make it possible to provide identifications for the species of plants from the region using computers. In cases where more resolution is needed, the sequencing of chloroplast, or plastid, was performed. The plastid genome also helps in the development of tools that use DNA for a systematic evaluation. Finally, in cases where the taxonomy is very complex and where maximum resolution is necessary, nuclear genome sequencing is performed. Genomics also offers a powerful approach to develop studies on physiology and adaptive mechanisms of plants, as well as allowing the study of the genetic structure and geneflow of the populations in the environment ^{22,25}.

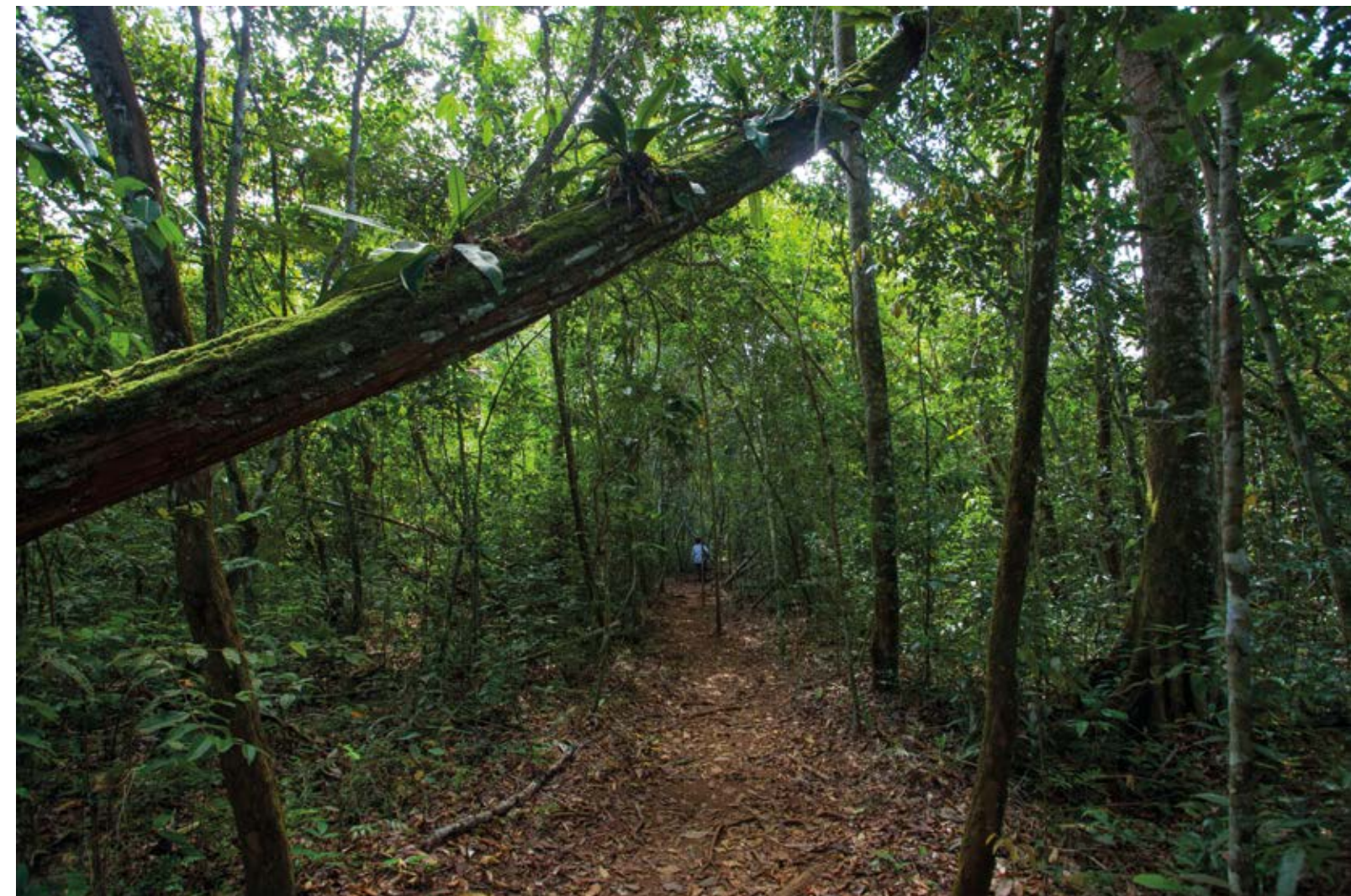
The companies involved in land use, in the particular context of this book, the ones exploiting high grade minerals from the *cangas*, the responsibility to attend to the laws regulating the licencing processes and their continuity, with emphasis on the execution of the processes that involve impact mitigation, species conservation and/or set aside protected land. Supporting the creation and maintenance of protected areas is a huge step towards this process.

Governmental organs are in charge of controlling the activities of the companies throughout the country. The activities developed within the FLONA de Carajás must be followed up from the planning through to the implementation phase, to ensure the sustainability of the process. The partnership between ICMBio and VALE deserves mention, as well as the contribution of many other sectors of society that resulted in the signature of a decree on the 5th June 2017, creating the *Parque Nacional dos Campos Ferruginosos* (literally the "National Park of the Iron Fields"), including the Serra do Tarzan (formerly a very well preserved part of the FLONA de Carajás) and the compensation area of the Serra da Bocaina, both of which of known biological value. It is worth adding that the finances for the park maintenance are guaranteed.

Therefore, if all actors work in collaboration, with professionalism and enthusiasm, sharing the data obtained, it will be possible to preserve the biota, in particular the non liquid loss of species and ecosystem services associated to them.

We cannot wait for others to do our task. Each citizen in this country, especially in the communities that live nearby the FLONA de Carajás, many obtaining means to sustain themselves and their family from the mining industry, needs to recognize his/her role and be an active part of the sustainability process. It is only like this that we will make it possible to continue to support mining as an important segment of the country's economy, particularly important in the state of Pará. We will make this into a worldwide example of the possibilities for using natural resources while at the same time respecting flora, fauna and the communities involved with nature.

It's time to board our homebound flight to Belém! But we can be sure that we have much work ahead of us!





Agradecimentos

Acknowledgements

Gostaríamos de agradecer o apoio da Gerência Executiva de Meio Ambiente, Gerência de Meio Ambiente Ferrosos Norte e a Gerência de Meio Ambiente, Relacionamento Institucional, Socioeconomia e Comunicação do Complexo S11D Eliezer Batista (Vale) que contribuíram para o lançamento desta publicação.

Agradecemos a todos os botânicos que nos precederam no trabalho para conhecer esta rica flora, em especial aos amigos e colegas Manoela Ferreira da Silva e Ricardo de Souza Secco, cujos primeiros passos guiaram nosso caminho sobre as cangas. A organizadora agradece a Nigel P. Taylor pela cuidadosa revisão do texto em inglês; Rafael Melo de Brito por gerar a primeira versão dos mapas; Anna Luiza Ilkiu-Borges pelos valiosos insights sobre as briófitas na região; Ray Harley, Haroldo Cavalcante de Lima, Cilene Mara J. Mattos, Mike Hopkins, André Olmos Simões, Sergio Romaniuc, Ana Paula Cruz, Leandro Giacomin, Maurício C. Watanabe, André Gil, Wanderson Luis Silva, Aluisio José Fernandes Júnior, Liziane V. Vasconcelos, Mario Augusto Gonçalves Jardim e muitos outros colegas pela identificação do material botânico. Ana Maria Giulietti Harley e Vera Lucia Imperatriz Fonseca pela revisão técnica do livro.

Em termos institucionais, agradecemos ao ICMBio na pessoa de Frederico Drummond Martins, e aos colegas da Vale, Leonardo Neves, e ao Alexandre Castilho, Tais Fernandes e Marlene Costa.

◀
Lasiacis ligulata

We would like to thank the support of Gerência Executiva de Meio Ambiente, Gerência de Meio Ambiente Ferrosos Norte and Gerência de Meio Ambiente, Relacionamento Institucional, Socioeconomia e Comunicação do Complexo S11D Eliezer Batista (Vale) who contributed to the release of this publication.

Thanks all botanists who preceded us in studying this rich flora, particularly to two friends and colleagues, Manoela Ferreira da Silva and Ricardo de Souza Secco, whose initial footprints we followed towards gaining deeper understanding of the *canga*. The organizer would like to thank Nigel P. Taylor for his careful revision of the English text; Rafael Melo de Brito who generated the first draft of the maps used; Anna Luiza Ilkiu-Borges for her valuable insights on the bryophytes of the region, Ray Harley, Haroldo Cavalcante de Lima, Cilene Mara J. Mattos, Mike Hopkins, Sergio Romaniuc, Ana Paula Cruz, Leandro Giacomini, Maurício C. Watanabe, André Gil, Wanderson Luis Silva, Aluisio José Fernandes Júnior, Liziane V. Vasconcelos, Mario Augusto Gonçalves Jardim and several other colleagues for the identification of the botanical material. Ana Maria Giulietti Harley and Vera L. Imperatriz Fonseca for the technical review.

Our institutional thanks go to ICMBio, especially Frederico Drummond Martins and to colleagues from Vale, Leonardo Neves, Alexandre Castilho, Tais Fernandes and Marlene Costa.

Bibliografia

References

1. Ab'Sáber, A.N. 1986. Geomorfologia da região. In: Almeida, J.M.G. (org.). *Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento*. CNPq, Brasília, pp. 88-124.
2. Ab'Sáber, A.N. 1988. O Pantanal Mato-Grossense e a Teoria dos Refúgios. *Revista Brasileira de Geografia* 50 (especial 2): 9-57.
3. Almeida, J.M.G. (org.) 1986. *Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento*. CNPq, Brasília, 633 p.
4. Andersson, L. 1998. A Revision of the Genus *Cinchona* (Rubiaceae-Cinchoneae). *Memoirs of the New York Botanical Garden* 80: 1-75.
5. Balkenhol, N., Cushman, S., Storfer, A. & Waits, L. 2016. *Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications*. Wiley-Blackwell, New Jersey, 288 p.
6. Bentham, G. & Hooker, J.D. 1862-1883. *Genera plantarum ad exemplaria imprimis in herbariis kewensibus servata definita*. A. Black, London, vol. 1, 458 p.
7. Benzing, D.H. 1990. *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge University Press, Cambridge, 354 p.
8. BFG (compiled by Zappi, D.C., Filardi, F.L.R., Leitman, P., Souza, V.C., Walter, B.M.T., Pirani, J.R., Morim, M.P., Queiroz, L.P., Cavalcanti, T.B., Mansano, V.F. & Forzza, R.C., with over 400 authors). 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66(4): 1085–1113.
9. Boaventura, R. 1974. Geomorfologia da Folha SB.22 – Araguaia e parte da Folha SC.22 – Tocantins. MME, DNPM, Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, vol. 4, 468 p.

10. Bridson, D. & Forman, L. 2010. *The herbarium handbook*, 3rd ed. Royal Botanic Gardens, Kew, 346 p.
11. Daly, D.C. & Silveira, M. 2009. *Primeiro catálogo da flora do Acre, Brasil / First catalogue of the flora of Acre, Brazil*. EDIUFAC, Rio Branco. 421 p.
12. De Candolle, A.P. 1824-1873. *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*, Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz, Paris. 17 vols.
13. Faegri, K. & Van Der Pijl, L. 1979. *Principles of Pollination Ecology*, 3 ed. Pergamon Press, New York, 244 p.
14. Ferreira, R.L. 2005. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste* 3:106-115.
15. Forzza, R.C.; Baumgratz, J.F.A.; Bicudo, C.E.M.; et al. (eds.). 2010. *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. 2 vols. Andrea Jakobsson Estúdio / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1699p.
16. Govaerts, R. 2001. How many species of seed plants are there? *Taxon* 50: 1085-1090.
17. Giuliatti, 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.
18. Giuliatti, A.M., Rapini, A., Andrade, M.J.G., Queiroz, L.P. & Silva, J.M.C. 2009. *Plantas raras do Brasil*. Conservação Internacional / Universidade Estadual de Feira de Santana, Belo Horizonte, 496 p.
19. Hopkins, M.J.G. 2007. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *Journal of Biogeography* 34: 1400-1411.
20. IBGE 2017. Mapa de Biomas do Brasil. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm> (acesso em 30 de junho de 2017).
21. Jaffé, R., Prous, X., Zampaulo, et al. 2016. Reconciling mining with the conservation of cave biodiversity: A quantitative baseline to help establish conservation priorities. *Plos One* 11(12): 1-16.
22. Hollingsworth, P.M., Graham, S.W. & Little, D.P. 2011. Choosing and using a plant DNA barcode. *PLoS ONE* 6(5): e19254.
23. Jones, S.S., Burke, S.V. & Duvall, M.R. 2014. Phylogenomics, molecular evolution, and estimated ages of lineages from the deep phylogeny of Poaceae. *Plant Systematics and Evolution* 300: 1421-1436.
24. Jussieu, A.L. 1789. *Genera plantarum: secundum ordines naturales disposita, juxta methodum in Horto regio parisiensi exarata, anno MDCCLXXIV*. Herissant et Théophilum Barrois, Paris. 498 p.
25. Khan, S., Nabi, G., Ullah, M.W., Yousaf, M., Manan, S., Siddique, R., Hou, H. 2016. Overview on the Role of Advance Genomics in Conservation Biology of Endangered Species. *International Journal of Genomics*. e3460416.
26. Levey, D.J., Bolker, B.M., Tewksbury, J.J., Sargent, S. & Haddad, N.M. 2005. Effects of Landscape Corridors on Seed Dispersal by Birds. *Science* 309: 146-148.
27. Lewis, G; Schrire, G.; Mackinder, B.; Lock, M. *Legumes of the world*. Royal Botanic Gardens Kew, Richmond. 577 p.
28. Linnaeus, C. 1753. *Species Plantarum*. Laurentii Salvii, Holmiae, 1200 p.
29. Martinelli, G. & Moraes, M.A. (orgs.) 2013. *Livro vermelho da flora do Brasil*. Andrea Jakobsson / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1100p.
30. McNeill, J., Barrie, F.R., Buck, W.R., et al. 2012. *International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code)*. Regnum Vegetabile 154. A.R.G. Gantner Verlag KG./ Koeltz Scientific Books, Oberreifenberg. 140 p.
31. Morim, M.P. & Nic Lughadha, E.M. 2016. Flora of Brazil Online: Can Brazil's botanists achieve their 2020 vision? *Rodriguésia* 66(4): 1115-1135.
32. Neves, E.G., Petersen, J.B., Bartone, R.N., Silva, C.A. 2003. Historical and Socio-cultural Origins of Amazonian Dark Earths. In: Lehmann, J., Kern, D.C., Glaser B. & Woods, W.I. (eds.). *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 29-50.
33. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J. & Vanbergen. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540: 220-229.
34. Queiroz, L.P., Conceição, A.A. & Giuliatti, A.M. 2006. Nordeste semiárido: caracterização geral e lista das fanerógamas. In: Giuliatti, A.M., Conceição, A.A. & Queiroz, L.P. (orgs) *Diversidade e Caracterização das Fanerógamas do Semi-árido Brasileiro*, Associação Plantas do Nordeste, Recife. vol. I. p. 15-364.

35. Reis, L.S., Guimarães, J.T.F., Souza-Filho, P.W.M., Saboo, P.K., Figueiredo, M.M.J.C., Souza, E.B. & Giannini, T.C. 2017. Environmental and vegetation change in southeastern Amazonia during the late Pleistocene and Holocene. *Quaternary International* 449: 83-105.
36. Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A., et al. 1999. *Flora da Reserva Ducke, Guia de Identificação*. DFID & INPA, Manaus. 800p.
37. Ross, J.L.S. 2013. O Relevo Brasileiro nas Macroestruturas Antigas. *Continentes* 1: 8-27.
38. Santana, K.C., Souza, I.M., Miranda, L.A.P & Funch, L.S. 2016. Phenodynamics of five orchid species growing on rock outcrops in the Chapada Diamantina Mountains in Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 30: 508-513.
39. Souza-Filho, P.W.M., de Souza, E.B., Silva Júnior, R.O., et al. 2016. Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, Southeastern Amazon. *Journal of Environmental Management* 167:175-184
40. Spence, D.H.N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Advances in Ecological Research* 12: 37-125.
41. Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, D.P., Kamino, L.H.Y. (eds.). 2009. *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 505 p.
42. Taylor, P. 1994. *The genus Utricularia: A taxonomic monograph*. Royal Botanic Gardens, Kew, 724 p.
43. Ter Steege, H.; Pitman, N.C.A.; Sabatier, D.; et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* 342: 325.
44. Urban, I. 1906. Index Familiarum. In: Martius, C.P.F. von. *Flora brasiliensis*. Karl W. Hiersemann, Munich & Leipzig. Vol. 1, pars 1, p. 239-268.
45. Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro. 123 p.
46. Viana, P.L., Mota, N.F.O., Gil, A.S.B, et al. 2016. Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study and methodology. *Rodriguésia* 67(5): 1107-1124.
47. Van der Werff, H. & Consiglio, T. 2004. Distribution and conservation significance of endemic species of flowering plants in Peru. *Biodiversity and Conservation* 13: 1699-1713.
48. Zappi, D.C. 2014. *Water sustainability system at Gardens by the Bay*. Gardens by the Bay, Singapore, 123 p.
49. Zappi, D.C., Forzza, R.C., Souza, V.C., Mansano, V.F. & Morim, M.P. 2015. Epilogue. *Rodriguésia* 66(4): <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566417>.



Índice de nomes científicos e nomes populares

Index of scientific and common names

- abacaxi-da-canga, 101, 186, 194
açai, 14, 44, 45, 60, 63, 209
Adiantum cajennense, 46
Aechmea castelnavii, 92
Aeschynomene, 168
air-plants, 106
algodão-do-campo, 78
Amasonia lasiocaulos, 100
Anacardium occidentale, 186, 194, 196
Ananas ananassoides, 101, 106, 186, 194, 198
Andira inermis, 208
andiroba, 62
Anemopaegma, 2/3, 132
angelim-pedra, 128, 133, 186, 196
Apuleia leiocarpa, 186, 196
arapari, 60, 63
Aspidosperma spruceanum, 128, 134
Asplundia xiphophylla, 49
Astrocaryum aculeatum, 68, 74
Astrocaryum gymnocarpum, 69
Attalea phalerata, 48, 54, 212, 217
Attalea speciosa, 26, 38, 67
Axonopus, 87, 95
Axonopus carajasensis, 190, 192, 200, 203
- babaçu, 67, 68, 74
bacaba-de-leque, 48, 54, 66, 68, 74
bamboo-orchid, 94, 143, 199
Banisteriopsis malifolia, 105
Bauhinia pulchella, 86, 93, 152, 156, 169, 171
beijinho, 168, 169
Bertholletia excelsa, 47, 51, 53, 77
bitter stick, 143
- bladderwort, 98, 156
Blechnum areolatum, 198
Blepharodon pictum, 86, 95
boca-de-leão-do-brejo, 90, 151, 156
Borreria elaiosulcata, 191
Borreria semiamplexicaulis, 187
Brasilianthus carajasensis, 87, 95, 110, 111, 115, 131, 136, 137, 150, 153, 193
Brazil-nut, 51, 53, 55, 77
Brazilian cedar, 196
Brazilian mahogany, 196
bromélia, 89
Buchenavia tomentosa, 75
Buchnera carajasensis, 200
Bulbostylis, 87, 95
bull's eye vine, 168, 169
buriti, 60, 61, 63, 110, 114, 221
buritirana, 60, 62, 113, 129, 135
buritizal, 114, 227
Burmannia, 87, 95
Byrsonima chrysophylla, 84, 86, 93
- cajú, 186, 194
Camptosema ellipticum, 168, 169, 218
Callisthene microphylla, 86, 93, 101, 105, 140, 143, 145
canela-de-ema, 86, 91, 93, 139, 145, 151, 156
canela-de-velho, 101, 105
canga grape, 103, 106
canga pineapple, 106, 194, 198
cara-de-cavalo, 29, 41, 51, 52, 69, 70, 148
Carajasia cangae, 10, 131, 137
Carapa guianensis, 62

◀
Dyckia duckei

- Caryocar villosum*, 47, 48, 53
 cashew nut, 196
 castanha-do-Pará, 48, 53, 59, 77, 160, 185
 castanheiras, 47, 48.. 49, 53, 77
 cat's claw, 74, 76
Catasetum discolor, 207, 219
Cayaponia tayuya, 73, 76
Cedrella fissilis, 185, 196
Cedrella odorata, 186, 196
 cedro, 185
Ceiba pentandra, 68, 74
Cenostigma tocantinum, 206
Cereus hexagonus, 26, 90, 97, 98, 138, 150, 151, 157
Chelonanthus purpurascens, 96
 chichá, 68, 74
Cinchona coccinea, 128, 133
Cinchona condensaminea, 128, 133
Cinchona officinalis, 128, 133
Cinchona peruviana, 128, 133
 cinzeiro, 47, 51
 cipó-de-leite, 102
 cipó-olho-de-boi, 168, 169
 cipó-titica, 186, 196
 cipó-unha-de-gato, 73, 76
Cissus erosa, 102, 103, 106
Cladonia, 94, 105, 106
Clusia spp., 48, 53
Cochlospermum regium, 74
Cordia myrciifolia, 102, 106
Cuphea carajasensis, 183
- Dalechampia sylvatica*, 74
Daphnopsis filipedunculata, 190
Dinizia excelsa, 128, 133, 186, 196
Dioclea apurensis, 168, 169
Dyckia duckei, 87, 97, 98, 152, 156, 241
- Eleocharis flavescens*, 115
Eleocharis pedroviana, 200
Encyclia, 102, 106, 176/177
Encyclia randii, 176/177
Epidendrum, 102, 106, 175
Epidendrum nocturnum, 175
 epifilo, 47
Epiphyllum phyllanthus, 47, 53
Erisma uncinatum, 47, 51
 erva-de-rato, 102, 106
 escada-de-jabutí, 48, 68, 73
 escada-de-macaco, 26, 68
Eriocaulon aff. *setaceum*, 6, 109, 115, 154/155
 erva-cidreira-da-canga, 96, 93, 102
Erythroxylum nelson-rosae, 90, 98, 192, 200, 203
Eschweilera, 47, 53
- estrela-branca, 109, 115
Eulaema pseudocingulata, 219
Eulaema sp., 207
Euterpe oleracea, 14, 40, 45, 60, 63, 209
- Fabaceae, 49, 68, 128, 131, 133, 134, 137, 168/169
 faveiro-da-canga, 101, 105, 166, 167
 figueira, 103
Ficus, 48, 53
Ficus americana subsp. *guianensis*, 106
Fissidens, 102, 106
 flor-de-carajás, 86, 95, 140, 143, 148/149, 152, 156, 187, 198, 213
- Gnetum nodiflorum*, 178
 grapiá, 186, 196
 gravatá-da-canga, 87, 97, 98, 152, 156
- Helicteres eitenii*, 81
Helosis cayennensis, 48, 54
Heteropsis flexuosa, 186, 196
Hibiscus furcellatus, 229
Hymenaea courbaril, 128, 133
Hymenaea parviflora, 186, 196
Hypolythrum paraense, 180
- ingá, 60, 63, 169, 210/211
Inga capitata, 60, 169
Inga edulis, 63, 210/211
Inga flagelliformis, 60, 63
 imbé, 47, 49, 56/57, 187
 inajá, 48, 54, 212, 217
 ingazeiro, 25, 37, 56, 73, 210/211
 ipê-da-canga, 2/3, 132
Ipomoea, 144
Ipomoea carajasensis, 208
Ipomoea cavalcantei, 86, 95, 140, 143, 148/149, 152, 157, 187, 190, 192, 198, 200, 203, 213
 itauba, 186, 196
- jaborandi, 186, 187, 196, 198
 jaborandi-da-canga, 196
 João-mole, 140, 143
Justicia, 74, 173, 218
Justicia potamogeton, 218
 jutaí-pororoca, 186, 196
- Langsdorffia hypogaea*, 48, 54
Lasiacis ligulata, 182, 232
 leaf-cactus, 53
Lepidaploa arenaria, 94, 202
Lepidaploa paraensis, 188/189
 lesser cow's foot, 93, 156, 169
- Lindernia brachyphylla*, 109, 113, 157
Lippia origanoides, 96, 93, 102
 kapok, 74
- Mabea angustifolia*, 73
Maclobium acaciifolium, 60, 63
 mamica-de-porca, 81
 mandacaru-da-canga, 26, 90, 97, 98, 138, 150, 151, 157
Mandevilla scabra, 86, 95, 97, 102, 106
 mandiocão, 212, 214/215
 maracujá-do-mato, 140
 marmelada-de-pinto, 102, 106
 matá-matá, 47, 48, 53, 55
 mata-pau, 48, 53
Mauritia flexuosa, 60, 61, 63, 110, 114, 227
Mauritiella armata, 60, 62, 113, 129, 135
Melipona flavolineata, 208
Melipona seminigra, 206
Mesosetum, 90, 98
Mezilaurus itauba, 186, 196
Miconia, 101, 105
 milky vine, 106
Mimosa, 90, 96, 142, 150
Mimosa acutistipula var. *ferrea*, 99, 101, 105, 169
Mimosa skinneri var. *carajaram*, 87, 150, 169, 190, 190
Mimosa somnians var. *viscida*, 142
 mirindiba-de-folha-miúda, 74
 mogno, 186
 monkey ladder, 68
Monogereion carajasensis, 131, 137, 150, 153, 190, 195, 200, 201
Monstera dilacerata, 47, 49, 53
Mouriri cearensis var. *carajasensis*, 199
Mouriri vernicosa, 6
 mumbaca, 69
 murici, 84, 86, 93
Myrcia, 90, 98
- Neea macrophylla*, 140, 143
Norantea guianensis, 86, 93, 140, 145, 95, 141
Nymphaea rudgeana, 109, 113, 114
Nymphoides humboldtiana, 109, 113, 115
 ninféia, 109, 114
- Oenocarpus distichus*, 48, 54, 66, 68, 74
 onze-horas, 151
Operculina hamiltonii, 81
 orquídea-bambu, 86, 143, 187
- Paepalanthus fasciculoides*, 87, 95, 153
Palinhea cernua, 174
- Parapiqueria cavalcantei*, 198
Paratecoma peroba, 128, 135
Parkia multijuga, 49
Parkia platycephala, 101, 105, 166, 168
 parrot's tail, 93, 95, 141, 145
Paspalum, 90, 98, 143, 182
Paspalum foliiforme, 143
Paspalum spissum, 182
Paspalum reticulinerve, 182
Passiflora glandulosa, 50, 67
 pata-de-vaca-miúda, 86, 152, 169
 pau-amarelo, 222
 pau-preto, 206
Pavonia malacophylla, 165
Perama carajensis, 87, 95, 97, 159, 153, 203
 pequiá, 47, 48, 53
 peroba, 128, 134
Phanera spp., 48, 54, 68, 73, 76
Philodendron, 56/57
Philodendron wulfschaegeli, 86, 95, 151, 152, 156
Pilocarpus carajensis, 196
Pilocarpus microphyllus, 186, 187, 196, 198
 pinheirinho-do-brejo, 6, 109, 113, 154/155
 pinheirinho-da-canga, 87, 95, 153
Pisum sativum, 128, 133
Phaseolus vulgaris, 128, 133
 Poaceae, 32, 36, 131, 137, 182
Polygala, 87, 95, 181,
Polygala adenophora, 181,
Portulaca sedifolia, 94, 151, 156
Praxelis asperulacea, 157
Psychotria hoffmannseggiana, 102, 106
- quaresmeira-da-canga, 86, 95, 216
 quarubarana, 47, 48, 49, 51, 55
 quina-quina, 73, 74
- rabo-de-arara, 86, 140, 95, 141
 rainha-do-abismo, 119
Reincourtia pedunculosa, 150, 153
Rhynchospora, 87, 90, 95, 98, 140, 180
Rhynchospora barbata, 90, 98, 140, 180
 rose moss, 156
- Sauvagesia*, 87, 95
Schefflera morototoni, 212, 214/215
Sellaginella, 105, 106
 sete-ernas, 61
 silk-tree, 74
Sinningia minima, 118, 119
Sobralia liliastrum, 86, 94, 143, 187, 198
Socratea exorrhiza, 61
Solanum melongena, 128, 129, 133

Créditos

Credits

Solanum subinerme, 104
Solanum tuberosum, 128, 129, 133
Sporobolus multiramosus, 197
Sterculia, 68, 74
Strychnos, 73, 74
sumaúma, 74
Swietenia macrophylla, 186, 196
swiss-cheese plant, 49, 53
Syngonanthus discretifolius, 151, 156, 187

Tabernaemontana flavicans, 104
taiuia, 73
tayuya, 76
Tibouchina edmundoi, 86, 95, 216
tilandsia, 102
Tillandsia streptocarpa, 102, 106
tortoise stepladder, 54, 68, 76
Trachypogon, 90, 98, 182
Trachypogon spicatum, 182
Trigona pallens, 209
tucumã, 68, 74
Turnera caerulea, 179

Uncaria guianensis, 73, 74, 76
Utricularia amethystina, 175

Utricularia gibba, 97
Utricularia neottioides, 90, 98, 151, 156
Utricularia physoceras, 186
Utricularia subulata, 8
uva-da-canga, 102, 103

vassourinha, 85, 93, 101, 105, 140, 143, 145
Vellozia glauca, 86, 91, 93, 139, 145, 151, 156
vem-cá-meu-bem, 101, 105, 169
visgueiro, 49
Vochysia haenkeana, 222
Vochysia maxima, 47, 53
Voyria, 48, 52, 54
Voyria aurantiaca, 52
Voyria tenella, 52

water-lily, 113, 114
water snowflake, 113, 115
West Indian locust tree, 133
wild passionfruit, 143

Xyris brachysepala, 87, 97, 152, 156, 184, 246/247

Zanthoxylum rhoifolium, 81
Zelometeorium patulum, 50

Organização e versão bilíngue

Daniela C. Zappi

Capítulos

Ana Maria Giuliatti – ITV
Clovis W. Maurity – ITV
Daniela C. Zappi – ITV
Guilherme Oliveira – ITV
Nara F.O. Mota – ITV/MPEG
Pedro L. Viana – MPEG
Pedro Walfir Martins Souza – ITV
Rodolfo Jaffé – ITV
Tereza C. Giannini – ITV
Vera L. Imperatriz-Fonseca – ITV

Projeto gráfico e capa

Tainá Nunes Costa
Ricardo Assis
Negrito Produção Editorial

Fotografia

João Marcos Rosa
(Agência Nitro Imagens)

Pedro Viana & Nara Mota – 4, 10, 26, 99 top, 119, 122, 133, 134, 136, 145, 156, 157, 170 (a,b), 172, 176/177, 178, 180, 181, 182 (a,b,c), 183, 184, 185, 186 (a), 187/188, 191, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 207, 213, 219, 225, 242/243

Daniela Zappi – 52 top, 61 top (a,c), 62, 66, 76, 91 (a), 97 top (a), 97 bottom (b), 150, 152, 161 (b), 170 (c), 229

Cristiano Menezes – 208 top, 209

Markus Gastauer – 221, 224

Luciano Costa – 206

Carlos Eduardo Pinto da Silva – 219

Ilustrações a nanquim

João Silveira – ITV/MPEG

Mapas

Pedro Walfir Martins Souza



P 149

Paisagens e Plantas de Carajás = Landscapes and Plants of Carajás /
organização: Daniela Zappi. – 1. ed.; bilíngue. – Belém, PA: Instituto
Tecnológico Vale (ITV), 2017.

248 p.: il.

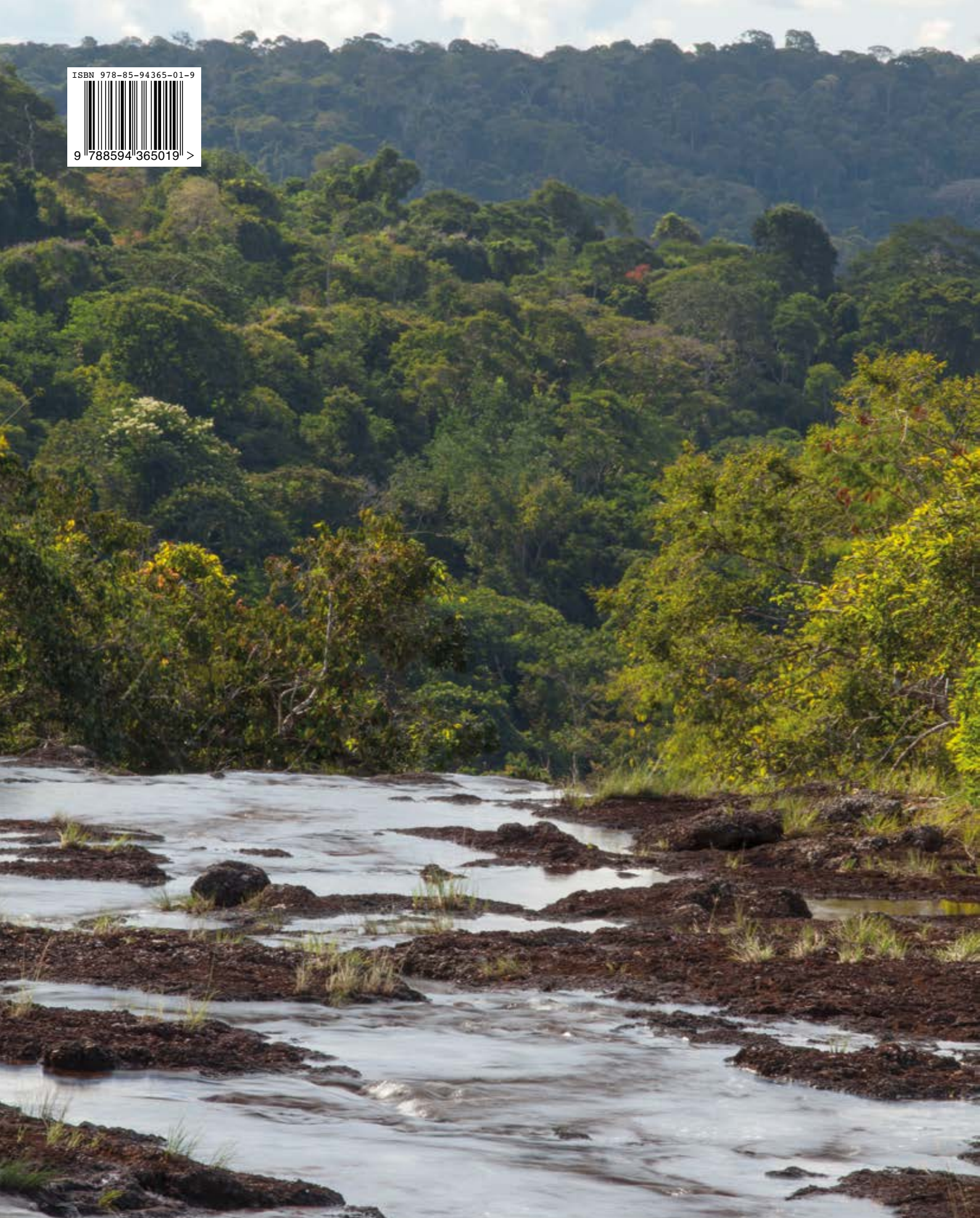
Textos alternados em português e inglês

Bibliografia e índice

ISBN 978-85-94365-01-9

1. Serra dos Carajás – Brasil. 2. Botânica 3. Vegetação – Amazônia.
4. Flora das Cangas – Pará. I. Título.

CDD 581.9811



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE

