Ecologia da vegetação herbácea de bancadas lateríticas (cangas) em Corumbá, MS, Brasil

Adriana Takahasi^{1,3} e Sergio Tadeu Meirelles²

Recebido: 11.10.2013; aceito: 28.04.2014

ABSTRACT - (Ecology of herbaceous vegetation on bancadas lateríticas (cangas) in Corumbá, Mato Grosso do Sul State, Brazil). Bancadas lateríticas are ironstone outcrops that surround Morraria do Urucum and Morraria do Rabicho. This paper analyzes the floristic composition and structure of three ironstone outcrops, in quadrats of 1 m², and reveals possible intrinsic patterns in site subsets by means of ordination analysis (detrended correspondence analysis - DCA) using cover data of plant species. A total of 66 vascular species belonging to 27 botany families were sampled. The richest families were Fabaceae (11 species) and Poaceae (9) while *Selaginella sellowii* and *Sporobolus monandrus* had the highest importance values. The ordination analysis suggested that herbaceous communities were influenced by the granulometry of the substrate, with species that occurred directly on hardened substrate and others that occurred on a thin soil layer. We emphasize the importance of the conservation of this flora, due both to its floristic insularity and to the little knowledge about the ecosystems that form the landscape mosaic of the Pantanal.

Keywords: ferricrete, ferruginous geosystem, ferruginous grasslands, phytosociology

RESUMO - (Ecologia da vegetação herbácea de bancadas lateríticas (cangas) em Corumbá, MS, Brasil). As bancadas lateríticas são carapaças ferruginosas que circundam as morrarias do Urucum e Rabicho. Este estudo verificou a composição florística e estrutura em três bancadas lateríticas, utilizando parcelas de 1 m², e analisou a distribuição das espécies ao longo do gradiente ambiental através da análise de correspondência segmentada (DCA) para dados de cobertura. Amostraram-se 66 espécies vasculares pertencentes a 27 famílias. As famílias mais ricas foram Fabaceae (11 espécies) e Poaceae (9) enquanto *Selaginella sellowii* e *Sporobolus monandrus* apresentaram os maiores valores de importância. Os resultados da análise de ordenação sugerem que a vegetação herbácea é influenciada pela granulometria do substrato, com espécies que se estabelecem diretamente sobre o substrato endurecido e outras em locais com uma fina camada de sedimentos. Destaca-se, ainda, a importância da conservação desta flora, tanto pelo seu caráter insular quanto pela escassez de informações sobre estes ecossistemas que constituem o mosaico de paisagens do Pantanal.

Palavras-chave: Campo Ferruginoso, Ferricrete, Fitossociologia, Geossistema Ferruginoso

Introdução

Os afloramentos rochosos concentram-se em topos de morros e outras elevações distribuídos por todo o globo (Porembski *et al.* 1998), especialmente nas regiões tropicais (Barthlott *et al.* 1993a, Porembski *et al.* 1997, Porembski 2007). Nos neotrópicos distribuem-se pelo leste do Brasil, oeste da Venezuela e borda leste das Guianas; enquanto nos paleotrópicos ocorrem na África e Madagascar e, ainda, na Índia, Sri Lanka, China, Malásia e Austrália (Barthlott *et al.* 1993a).

As condições ambientais dos afloramentos rochosos, assaz adversas para uma comunidade de plantas, devem-se à grande amplitude térmica, às elevadas taxas de insolação, à inexistência ou exiguidade de solo e ao intenso déficit hídrico (Sarhou *et al.* 2009). Assim, os primeiros organismos a colonizar as rochas nuas são cianobactérias e líquens e, posteriormente, espécies pecilohídricas ou suculentas se estabelecem em pequenas depressões, cavidades ou fissuras da rocha (Hambler 1964, Meirelles *et al.* 1999). Graças à presença de primeiras plantas vasculares ali instaladas inicia-se a formação de solo

1. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Botânica, câmpus do Pantanal, av. Rio Branco, 1270, 79304-020, Corumbá, MS, Brasil
2. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Cidade Universitária, rua do Matão, travessa 14, 321, 05508-090 São Paulo, SP, Brasil
3. Autor para correspondência: adriana.takahasi@ufms.br

que, por sua vez, permite que outras espécies vegetais - inclusive arbóreas - se estabeleçam. Assim, aquelas condições ambientais desfavoráveis são tornadas amenas nos agrupamentos de vegetação ou ilhas de solo (Conceição *et al.* 2007), propiciando uma complexificação crescente do ambiente com o decorrer do tempo. Evidentemente, tal processo está sujeito a ser perturbado em maior ou menor grau por influências diversas, desde a ação do homem a fenômenos naturais (Seine *et al.* 1998).

As plantas estabelecem-se em quatro tipos principais de habitats nos afloramentos rochosos: superfície rochosa, fissuras, depressões e agrupamentos (Seine *et al.* 1998) e, em função das peculiaridades de cada habitat, determinados grupos de plantas desenvolvem habilidades para colonizá-lo. Estes habitats podem ser subdivididos de acordo com as características do afloramento em estudo e dos objetivos da pesquisa, como por exemplo: vegetação criptogâmica, vegetação em canais de drenagem, vegetação efêmera durante a estação chuvosa, vegetação vascular litofítica, vegetação em fendas e fissuras, vegetação em poças sazonais, vegetação em fragmentos de rocha, vegetação em depressões preenchidas por solo, vegetação em agrupamentos ou ilhas de solo (Barthlott *et al.* 1993b, Porembski *et al.* 1994, Porembski *et al.* 1997, Porembski 2007).

No Brasil, as lateritas endurecidas (cangas) ocorrem principalmente no Planalto Central e na região Nordeste, enquanto na região amazônica sua distribuição se dá de forma mais ampla como plintita (laterita não endurecida) (Bigarella *et al.* 2007). Nestes locais, especificamente no Quadrilátero Ferrífero (MG), na Serra de Carajás (PA), na região de Caetité (BA) e na Morraria do Urucum (MS) (Carmo *et al.* 2012), encontram-se as maiores reservas de minério de ferro do país, cuja exploração econômica, sem o devido planejamento ambiental, tem sido a principal ameaça à flora destes habitats (Jacobi *et al.* 2007). Embora a legislação ambiental brasileira determine a recuperação de áreas degradadas por mineração, o potencial da vegetação sobre cangas, para este propósito, ainda é pouco explorado (Jacobi *et al.* 2008).

A vegetação que se estabelece sobre estes substratos ferruginosos endurecidos foi classificada por Rizzini (1997) como campo ferruginoso, englobando dois subtipos: campo de canga couraçada (couraça laterítica) e campo de canga nodular (couraça fragmentada). Várias terminologias têm

sido empregadas para se referir à formação vegetal associada às cangas, como vegetação de canga (Secco & Mesquita 1983, Silva 1991, Carmo & Jacobi 2013), campo rupestre ferruginoso (Secco & Lobo 1988, Cleef & Silva 1994, Silva *et al.* 1996, Jacobi *et al.* 2007, Mourão & Stehmann 2007, Viana & Lombardi 2007, Jacobi & Carmo 2008, Jacobi *et al.* 2008, Vincent & Meguro 2008, Messias *et al.* 2012, Messias *et al.* 2013), vegetação xerofítica de savanas metalófitas (Rayol 2006) e vegetação de bancada laterítica (Silva & Tozzi 2008, Takahasi 2010). A imprecisão e variedade na nomenclatura empregada para referir-se à vegetação sobre os substratos ferruginosos endurecidos refletem a controvérsia da aplicação do conceito de laterita (ver Augustin *et al.* 2013 para maiores detalhes) e, obviamente, à heterogeneidade geológica e geomorfológica das cangas. Recentemente, alguns autores têm proposto uma classificação atualizada da flora associada às cangas do Quadrilátero Ferrífero considerando-as componentes dos geossistemas ferruginosos (Carmo & Jacobi 2013).

A elevada concentração de metais pesados nestes ambientes influencia a composição florística reforçando o grau de insularidade destes locais (já que soa como cafonía) tendo em vista que a flora das couraças, e dos afloramentos rochosos de modo geral, tende a ser distinta daquela do entorno (Porto & Silva 1989, Silva 1992, Jacobi *et al.* 2007, Vincent & Meguro 2008). Tais plantas podem ser indiferentes ao ambiente rico em metais pesados ou, ainda, pouco afetadas pela entrada de uma concentração mais elevada (Ginocchio & Baker 2004). Sugere-se que as condições peculiares no metabolismo destas plantas explicam a ocorrência de endemismos nos afloramentos ferríferos (Porto & Silva 1989, Silva 1992) e em locais com solos metalíferos (Ginocchio & Baker 2004), onde algumas espécies de plantas poderiam, inclusive, ser utilizadas como indicadoras de jazidas de minerais (Baker & Brooks 1988, Silva 1992, Ginocchio & Baker 2004).

Estudos recentes têm demonstrado a heterogeneidade e diversidade das comunidades vegetais sobre substratos ferruginosos endurecidos no Quadrilátero Ferrífero no Estado de Minas Gerais (Jacobi *et al.* 2007, Mourão & Stehmann 2007, Viana & Lombardi 2007, Jacobi *et al.* 2008, Vincent & Meguro 2008, Messias *et al.* 2012, Carmo & Jacobi 2013); na Serra do Espinhaço (Messias *et al.* 2013) e na Serra de Carajás no Pará (Rayol 2006), com o

registro de alguns endemismos (Viana & Lombardi 2007, Jacobi & Carmo 2008). Na região de Corumbá, estas comunidades vegetais têm sido pouco estudadas (Takahasi 2010) e, embora as atividades mineradoras não afetem diretamente estas comunidades, elas apresentam-se pouco preservadas tanto por atividades extrativistas (especialmente o comércio de orquídeas e cactos), quanto por pastoreio pelo gado, destruição pelo fogo ou construção de casas pelos proprietários destas áreas.

As cangas das Morrarias do Urucum, do Rabicho e Amolar (MS) são denominadas bancadas lateríticas e localizam-se nas áreas de drenagem (ca. de 100 m de altitude) no sopé destes morros, possuem pequena declividade e são formados por material laterítico endurecido de natureza ferrífera (Cardoso *et al.* 2000), com pouca aptidão para usos agrícolas ou pastoris (Pott *et al.* 2000).

Estes substratos ferruginosos endurecidos podem ser considerados ecossistemas similares àqueles em afloramentos rochosos, onde as plantas vasculares se estabelecem diretamente sobre o substrato endurecido ou entre fragmentos de rochas ou na forma de agrupamentos (“mats”) referidos em diversos estudos como ilhas de solo (Burbank & Platt 1964, Shure & Ragsdale 1977, Phillips 1981, Meirelles *et al.* 1999, Conceição *et al.* 2007, Ribeiro *et al.* 2007, Sarthou *et al.* 2009, Takahasi 2010).

O presente estudo apresenta dados quantitativos sobre a comunidade herbácea das bancadas lateríticas de Corumbá e Ladário, no Estado de Mato Grosso do Sul e, desta forma, busca contribuir para ampliar o conhecimento sobre a flora destes ambientes ferruginosos no Brasil. Este trabalho teve por objetivos: verificar a composição florística e a estrutura das bancadas lateríticas e revelar padrões de distribuição das espécies ao longo gradiente ambiental em três localidades.

Material e métodos

Área de estudo - Analisou-se a vegetação herbácea de três bancadas lateríticas nos municípios de Corumbá (fazenda Monjolinho 19°16'S, 57°31'W, 65-150 m.s.m.) e Ladário (fazenda Banda Alta - 19°08'S, 57°34'W, 85 m.s.m. - e fazenda São Sebastião do Carandá - 19°06'S, 57°31'W, 90 m.s.m.), Estado do Mato Grosso do Sul. As duas primeiras localidades correspondem a um campo sobre canga couraçada, enquanto a última área é um campo sobre canga nodular.

O clima de Corumbá pode ser classificado pelo sistema de Köppen como Awa correspondendo a um clima tropical megatérmico (a temperatura do mês mais frio é superior a 18 °C) com inverno seco e chuvas no verão (Soriano 2000). A precipitação média anual de Corumbá é de 1.070 mm anuais e a temperatura média anual é de 25,1 °C, oscilando entre 21,4 e 27,7 °C (Soriano 2000).

Estudos florísticos - A área total de cada bancada laterítica foi medida em seu maior comprimento e largura para a elaboração de uma grade de 5 m utilizada para o sorteio dos locais para instalação de parcelas. A verificação da composição e da estrutura do estrato herbáceo foram avaliadas em 199 parcelas de 1 × 1 m, sendo alocadas 81 parcelas na fazenda Banda Alta, 60 na fazenda São Sebastião do Carandá e 58 na fazenda Monjolinho. Se o ponto de amostragem sorteado foi um local sem vegetação vascular ou uma ilha de solo ele foi descartado. Assim, o número total de parcelas em cada local variou em função da área total de substrato ferruginoso endurecido e da quantidade de ilhas de solo presentes.

Foram identificados dois habitats na fazenda Banda Alta e por isso a amostragem foi estratificada. No primeiro ambiente, denominado habitat ‘seco’, a superfície da canga é relativamente lisa e homogênea, com alguns canais de drenagem e pequenas depressões, e constitui a maior porção da canga. O segundo habitat, denominado ‘sazonalmente inundado’, próximo ao Córrego Band’Alta, caracteriza-se por uma superfície laterítica bastante irregular, com muitas macrocavidades que permitem a deposição de sedimentos e matéria orgânica oriundos das partes mais elevadas. Dada sua posição no relevo, este local recebe e retém a água das chuvas vários dias após a interrupção das mesmas. Desta forma, várias espécies de plantas típicas de ambientes sazonalmente inundáveis ocorrem neste local. Para verificar se a cobertura e a composição de espécies destes dois habitats eram significativamente diferentes foi empregada uma análise de variância entre o tipo de habitat e os escores dos dois primeiros eixos da DCA, elaborada a partir da matriz de dados de cobertura padronizados por valor máximo para as espécies com ocorrência em mais de três unidades amostrais (ver tópico “análise de gradientes” para maiores detalhes).

Foram registradas as espécies vasculares presentes em cada unidade amostral e estimou-se sua cobertura vegetal, definida como a projeção vertical

da área ocupada por ramos ou copa dos indivíduos na superfície do solo, expressa como porcentagem (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974).

No interior de cada unidade amostral foram estimadas a cobertura de substrato ferruginoso endurecido, de sedimentos e de presença de fragmentos de minério de ferro e manganês endurecidos, maiores do que 2 cm, para análise do gradiente ambiental (DCA), mas estes dados não foram computados nas análises quantitativas.

Os dados quantitativos foram avaliados no período de fevereiro de 2008 a março de 2009. Foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: frequência e dominância (cobertura), absolutas e relativas, e o valor de importância das espécies (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Os valores de frequência foram obtidos a partir do número de unidades amostrais em que a espécie estava presente e os valores de dominância foram obtidos a partir do grau de cobertura ocupada pela espécie em cada parcela. A densidade de espécies não foi determinada devido à dificuldade de individualização de plantas herbáceas que se propagam vegetativamente por órgãos subterrâneos. Assim, o índice do valor de importância (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) foi modificado considerando-se a soma da frequência e dominância relativas, procedimento adotado em outros estudos fitossociológicos, como por exemplo, o trabalho de Caiafa & Silva (2007) em campos de altitude.

A diversidade específica da comunidade herbácea sobre canga foi expressa pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') na base logarítmica natural com uma modificação utilizando-se, ao invés de número de indivíduos, os valores de cobertura amostrados. O índice de equabilidade de Pielou (J) foi utilizado para estimativa da uniformidade das comunidades (Krebs 1972).

O material testemunho foi depositado no Herbário COR (UFMS, câmpus do Pantanal, Corumbá, MS) com duplicatas enviadas aos especialistas para identificação. A circunscrição de famílias baseou-se em APG III (2009), e o nome dos autores de espécies foi verificado em Brummitt & Powell (1992) e em bases de dados contidas nas páginas eletrônicas: Lista de espécies da flora do Brasil (2014), The plant list (2014) e Tropicos.org (2014).

Análise de gradientes - As relações entre a cobertura vegetal e a composição de espécies das parcelas dos três locais foram exploradas pela análise de

correspondência segmentada (DCA), empregando-se o algoritmo de Hill com a correção de tendência ("detrending"), empregando-se a partição em 26 segmentos para recálculo com 100 iterações (Legendre & Legendre 1998). Para tanto, a matriz contendo valores de cobertura de espécies por parcela foi reduzida, considerando-se apenas aquelas espécies com três ocorrências ou mais, a fim de eliminar interferências das espécies raras nas análises. Em seguida, a matriz foi padronizada por valor máximo no espaço das variáveis. Como a composição florística das três localidades foi bastante distinta, optou-se por fazer a análise de gradiente em cada local, a fim de minimizar a interferência desta variável. As análises de ordenação (DCA) foram realizadas com auxílio do programa MVSP for Windows versão 3.1 (Kovach Computing Services).

Resultados

Fitossociologia e estrutura - Foram registradas 66 espécies pertencentes a 27 famílias botânicas, sendo cinco espécies de pteridófitas pertencentes a três famílias, numa área total amostrada de 199 m² (tabela 1).

A família com maior número de espécies foi Fabaceae (11 espécies), seguida por Poaceae (9), além de Cyperaceae, Malvaceae e Portulacaceae (5 espécies cada).

Do total amostrado foram contabilizados 35,4 m² de substrato ferruginoso endurecido (sem cobertura vegetal), seguidos por 11,2 m² de sedimentos (sem plantas), além de 2,3 m² de fragmentos de minério de ferro e manganês endurecidos, ou seja, cerca de 25% da área total amostrada não apresentou cobertura vegetal. A fazenda Banda Alta teve a maior proporção de área amostrada sem plantas vasculares (36 m²), seguida pela fazenda Monjolinho (7 m²) e pela fazenda São Sebastião do Carandá (6 m²).

As dez espécies com maiores valores de frequência relativa, totalizando 58,6%, foram: *Selaginella sellowii* (11,6%), *Mimosa nuda* (6,4%), *Sporobolus monandrus* (6,2%), *Tripogon spicatus* (6%), *Mimosa xanthocentra* (5,4%), *Staelia* sp. (5,1%), *Waltheria operculata* (5%), *Jacquemontia evolvuloides* (5%), *Aeschynomene hirta* (4,4%) e *Portulaca mucronulata* (3,3%) (tabela 1; figura 1).

As dez espécies com maiores valores de dominância relativa perfizeram 86,3% do total: *Selaginella sellowii* (32,9%), *Sporobolus monandrus* (16,4%), *Tripogon spicatus* (6,9%), *Mesosetum chasae* (5,9%), *Mimosa nuda* (5,5%), *Mimosa xanthocentra*

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos para as espécies vasculares amostradas nas bancadas lateríticas em Corumbá e Ladário, MS, Brasil. ABREV.: abreviatura do nome científico; UA: número de unidades amostrais em que ocorre a espécie; FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta (m²); DoR: dominância relativa (%); VI: valor de importância (%); N.col.: número de coletor de Adriana Takahasi.

Table 1. Quantitative descriptors for vascular plants sampled in ironstone outcrops of Corumbá and Ladário, Mato Grosso Sul State, Brazil. ABREV.: scientific name; UA: number of quadrats where species occurred; FA: absolute frequency (%); FR: relative frequency (%); DoA: absolute dominance (m²); DoR: relative dominance (%); VI: importance value index (%); N.col.: voucher of Adriana Takahasi.

Família/Espécie	ABREV.	UA	FA	FR	DoA	DoR	VI	N.col.
AMARANTHACEAE								
<i>Gomphrena centrotia</i> E. Holz.	GOM	20	10,05030	1,48148	0,0071	0,71302	1,0973	1040
AMARYLLIDACEAE								
<i>Zephyranthes cearensis</i> (Herb.) Baker	ZEP	7	3,51759	0,51852	0,0015	0,14994	0,3342	947
ASTERACEAE								
<i>Calea elongata</i> (Gardner) Baker	CAL	9	4,52261	0,66667	0,0029	0,28654	0,4766	1039
<i>Lepidaploa salzmännii</i> (DC.) H. Rob.	LEP	11	5,52764	0,81481	0,001	0,10329	0,4591	714
BIXACEAE								
<i>Cochlospermum regium</i> (Schrank) Pilg.		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,01333	0,0437	705
CACTACEAE								
<i>Discocactus ferricola</i> Buining & Brederoo	DIS	23	11,55780	1,7037	0,0115	1,1495	1,4266	845
CARYOPHYLLACEAE								
<i>Polycarpha corymbosa</i> (L.) Lam.	PCO	15	7,53769	1,11111	0,0019	0,18992	0,6505	973
CLEOMACEAE								
<i>Cleome eosina</i> J.F. Macbr.	CLE	3	1,50754	0,22222	0,0007	0,0733	0,1478	829
<i>Cleome guianensis</i> Aubl.	CLG	23	11,55780	1,7037	0,0036	0,35651	1,0301	780
CONVOLVULACEAE								
<i>Evolvulus alopecuroides</i> Mart.		14	7,03518	1,03704	0,0018	0,17659	0,6068	1383
<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	EVF	5	2,51256	0,37037	0,0002	0,02332	0,1968	1203
<i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meisn.	JAE	68	34,17090	5,03704	0,0342	3,42185	4,2294	1125
<i>Jacquemontia fruticulosa</i> Hallier f.		1	0,50251	0,07407	3E-05	0,00333	0,0387	940
CYPERACEAE								
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.		37	18,59300	2,74074	0,0067	0,67437	1,7076	1363
<i>Cyperus cornelii-ostenii</i> Kük.	CYC	5	2,51256	0,37037	0,001	0,09662	0,2335	1343
<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	CYU	41	20,60300	3,03704	0,0392	3,92497	3,481	1129
<i>Fimbristylis</i> sp.	FIM	9	4,52261	0,66667	0,0013	0,12994	0,3983	1338
<i>Kyllinga odorata</i> Vahl	KYL	4	2,01005	0,2963	0,0009	0,08663	0,1915	1268
EUPHORBIACEAE								
<i>Croton pedicellatus</i> Kunth	CRP	7	3,51759	0,51852	0,0011	0,10662	0,3126	943
IRIDACEAE								
<i>Cipura formosa</i> Ravenna	CIP	4	2,01005	0,2963	0,0003	0,02666	0,1615	865
LAMIACEAE								
<i>Hyptis brevipes</i> Poit.		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00666	0,0404	1012

continua

Tabela 1 (continuação)

Família/Espécie	ABREV.	UA	FA	FR	DoA	DoR	VI	N.col.
LEGUMINOSAE								
<i>Aeschynomene histrix</i> Poir.	AES	60	30,1508	4,44444	0,0156	1,55932	3,0019	925
<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC.	ALY	8	4,0201	0,59259	0,0007	0,0733	0,3329	1019
<i>Bauhinia pentandra</i> (Bong.) Steud.		1	0,50251	0,07407	7E-05	0,00666	0,0404	961
<i>Camptosema ellipticum</i> (Desv.) Burkart		1	0,50251	0,07407	7E-05	0,00666	0,0404	1041
<i>Centrosema pascuorum</i> Mart. ex Benth.		2	1,00503	0,14815	1E-04	0,01	0,0791	1373
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	CHF	11	5,52764	0,81481	0,0021	0,20991	0,5124	1107
<i>Chamaecrista serpens</i> (L.) Greene	CHS	4	2,01005	0,2963	0,0004	0,04331	0,1698	1006
<i>Mimosa nuda</i> Benth.	MNU	86	43,2161	6,37037	0,0548	5,48762	5,929	1050
<i>Mimosa xanthocentra</i> Mart.	MXA	73	36,6834	5,40741	0,0535	5,35435	5,3809	958
<i>Stylosanthes acuminata</i> M. B. Ferreira & S. Costa	STY	31	15,5779	2,2963	0,0162	1,62263	1,9595	956
<i>Zornia reticulata</i> Sm.	ZOR	32	16,0804	2,37037	0,008	0,79632	1,5833	1134
LYTHRACEAE								
<i>Cuphea</i> cf. <i>micrantha</i> Kunth		3	1,50754	0,22222	0,0003	0,02666	0,1244	785
MALPIGHIACEAE								
<i>Aspicarpa pulchella</i> O'Donell & Lourteig		2	1,00503	0,14815	0,0005	0,05331	0,1007	769
<i>Janusia guaranitica</i> (A. St.-Hil.) A. Juss.		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00333	0,0387	819
MALVACEAE								
<i>Ayenia tomentosa</i> L.	AYE	6	3,01508	0,44444	0,0007	0,0733	0,2589	1081
<i>Sida cordifolia</i> L.		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00333	0,0387	1279
<i>Sida glomerata</i> Cav.		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00333	0,0387	1281
<i>Waltheria operculata</i> Rose	WAL	68	34,1709	5,03704	0,01	1,0029	3,02	771
<i>Waltheria</i> sp.	WAT	4	2,01005	0,2963	0,0004	0,03665	0,1665	942
MOLLUGINACEAE								
<i>Mollugo verticillata</i> L.	MOL	23	11,5578	1,7037	0,0035	0,35318	1,0284	839
OPHIOGLOSSACEAE								
<i>Ophioglossum</i> sp.	OPH	3	1,50754	0,22222	0,0004	0,03998	0,1311	1262
OXALIDACEAE								
<i>Oxalis frutescens</i> L.	OX1	4	2,01005	0,2963	0,0002	0,02332	0,1598	1106
PHYTOLACCACEAE								
<i>Microtea scabrida</i> Urb.	MSC	15	7,53769	1,11111	0,0011	0,11328	0,6122	910
POACEAE								
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka		7	3,51759	0,51852	0,0021	0,21324	0,3659	747
<i>Mesosetum chaseae</i> Lucas	MÊS	42	21,1055	3,11111	0,0593	5,9341	4,5226	1204
<i>Microchloa indica</i> (L.f.) P. Beauv.	MIND	30	15,0754	2,22222	0,0274	2,73881	2,4805	1172
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. Beauv.	OPL	5	2,51256	0,37037	0,0016	0,1566	0,2635	1274
<i>Panicum exiguum</i> Mez	PAE	5	2,51256	0,37037	0,005	0,49645	0,4334	1150

continua

Tabela 1 (continuação)

Família/Espécie	ABREV.	UA	FA	FR	DoA	DoR	VI	N.col.
<i>Paspalum malacophyllum</i> Trin.	PMA	6	3,01508	0,44444	0,0043	0,42648	0,4355	1273
<i>Sporobolus monandrus</i> Roseng., B.R.Arril. & Izag.	SPO	84	42,2111	6,22222	0,1637	16,3762	11,299	1145
<i>Tripogon spicatus</i> (Nees) Ekman	TRI	81	40,7035	6	0,0685	6,85703	6,4285	1131
<i>Urochloa adspersa</i> (Trin.) R.D. Webster		2	1,00503	0,14815	0,0024	0,23656	0,1924	1277
PORTULACACEAE								
<i>Portulaca halimoides</i> L.		2	1,00503	0,14815	0,0002	0,01999	0,0841	1340
<i>Portulaca mucronata</i> Link		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00666	0,0404	882
<i>Portulaca mucronulata</i> D.Legrand	PO1	45	22,6131	3,33333	0,0055	0,54976	1,9415	970
<i>Portulaca pilosa</i> L.	PO5	8	4,0201	0,59259	0,0006	0,05997	0,3263	901
<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth		1	0,50251	0,07407	0,0001	0,00333	0,0387	1367
RUBIACEAE								
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	BOR	3	1,50754	0,22222	0,0001	0,01333	0,1178	1138
<i>Staelia</i> sp.	STA	69	34,6734	5,11111	0,0325	3,25526	4,1832	874
SCHIZAEACEAE								
<i>Anemia tomentosa</i> (Savigny) Sw.	ANE	10	5,02513	0,74074	0,0051	0,51311	0,6269	858
SELAGINELLACEAE								
<i>Selaginella convoluta</i> (Arn.) Spring	SEC	15	7,53769	1,11111	0,002	0,19991	0,6555	1479
<i>Selaginella marginata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring		2	1,00503	0,14815	0,0007	0,06664	0,1074	750
<i>Selaginella sellowii</i> Hieron.	SEL	157	78,8945	11,6296	0,329	32,9211	22,275	1311
<i>Turnera pumilea</i> L.	TU2	10	5,02513	0,74074	0,0007	0,06664	0,4037	820
VERBENACEAE								
<i>Stachytarpheta matogrossensis</i> Moldenke	STM	17	8,54271	1,25926	0,0027	0,27321	0,7662	765

(5,4%), *Cyperus uncinulatus* (3,9%), *Jacquemontia evolvuloides* (3,4%), *Staelia* sp. (3,3%) e *Microchloa indica* (2,7%) (tabela 1). Duas espécies, *Selaginella sellowii* e *Sporobolus monandrus*, representaram cerca de 50% dos valores de dominância relativa.

As dez espécies com maiores valores de importância perfizeram um total de 30,2%: *Selaginella sellowii* (22,3%), *Sporobolus monandrus* (11,3%), *Tripogon spicatus* (6,4%), *Mimosa nuda* (5,9%), *Mimosa xanthocentra* (5,4%), *Mesosetum chasae* (4,5%), *Jacquemontia evolvuloides* (4,2%), *Staelia* sp. (4,2%), *Cyperus uncinulatus* (3,5%), *Waltheria operculata* (3%) (tabela 1).

O valor do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') estimado para a vegetação herbácea foi de 2,4934 e o índice de equabilidade (J) foi igual a 0,5951. Análise de gradiente da fazenda Banda Alta - Os autovalores dos dois primeiros eixos resultantes da

análise de DCA da matriz de dados de cobertura de 32 espécies e dois atributos abióticos (substrato ferruginoso endurecido e sedimento) das 81 parcelas amostradas na fazenda Banda Alta foram 0,734 e 0,419, respectivamente, representando 18,1% da variação total da matriz, com 11,5% e 6,6%, para o primeiro e segundo eixos, respectivamente. A interpolação entre os eixos 1 e 2 da DCA revelou um gradiente ambiental com as espécies amostradas nas parcelas do “habitat seco”, no lado esquerdo do eixo 1, e as espécies das parcelas alocadas no “habitat sazonalmente inundado”, no lado direito do eixo (figura 2.a). As espécies *Discocactus ferricola*, *Gomphrena centrata*, *Polycarpaea corymbosa*, *Portulaca mucronulata* e *Selaginella sellowii* tendem a apresentar maiores valores de cobertura em parcelas com maior proporção de substrato ferruginoso endurecido (figura 2.b). As espécies com reprodução por estruturas subterrâneas

como, por exemplo, *Cipura formosa* e *Zephyranthes cearensis* e, outras, como as adaptadas a ambientes mais úmidos, *Cyperus uncinellatus*, *Fimbristylis* sp., *Kyllinga odorata* e *Selaginella convoluta*, tiveram maiores valores de cobertura em parcelas com maior proporção de solo coluvial (figura 2.b).

A análise de variância entre os escores dos dois primeiros eixos resultantes da DCA e o tipo de habitat (seco ou sazonalmente inundado) da fazenda

Figura 1. Valores de frequência relativa para as primeiras quarenta espécies, em porcentagem, da vegetação do estrato herbáceo de bancadas lateríticas amostrada em Corumbá e Ladário, MS, Brasil. Para o nome completo das espécies consultar a Tabela 1.

Figure 1. Relative frequency values for the first forty plant species of herbaceous vegetation from ironstone outcrops recorded in Corumbá and Ladário, Mato Grosso do Sul, Brazil. See table 1 for species names.

Banda Alta mostrou que a estrutura e composição florística destes dois habitats foram significativamente diferentes ($F = 28,734$, g.l. = 80, $p < 0,001$).

Análise de gradiente da fazenda São Sebastião do Carandá - Os autovalores dos dois primeiros eixos resultantes da análise de DCA da matriz de dados de cobertura de 24 espécies e dois atributos abióticos (substrato ferruginoso endurecido e sedimento) das 60 parcelas amostradas na fazenda São Sebastião do Carandá foram 0,672 e 0,381, respectivamente, representando 23,6% da variação total da matriz, com 15,1% e 8,5%, respectivamente.

A interpolação entre os eixos 1 e 2 da DCA revelou que o substrato foi o principal fator responsável pela distribuição das espécies ao longo do eixo 1, com as parcelas com espécies que se estabelecem diretamente sobre o substrato ferruginoso endurecido, *Portulaca mucronulata* e *Selaginella sellowii*, agrupadas no lado direito do eixo 1, com as demais parcelas com espécies associadas a um solo mais profundo distribuíram-se no lado esquerdo do eixo 1, em um gradiente em relação ao eixo 2 (figura 3.b), como *Fimbristylis* sp., *Mimosa xanthocentra*, *Evolvulus alopecuroides*, *Jacquemontia evolvuloides*, *Staelia* sp., *Aeschynomene histrix*, *Stachytarpheta matogrossensis*, *Zornia reticulata*, *Mimosa nuda* e *Microtea scabrida*.

Análise de gradiente da fazenda Monjolinho - Os autovalores dos dois primeiros eixos resultantes da análise de DCA da matriz de dados de cobertura de 29 espécies e três atributos abióticos (substrato ferruginoso endurecido, sedimentos e fragmentos de minério de ferro e manganês endurecidos) das 58 parcelas amostradas na fazenda Monjolinho foram 0,517 e 0,359, respectivamente, representando 20,5% da variação total da matriz com 12,1% e 8,4% para os eixos 1 e 2, respectivamente (figura 4.a).

As análises de ordenação para a fazenda Monjolinho sugerem que a presença de sedimentos sobre a canga influencia a distribuição das espécies ao longo do gradiente ambiental (figura 4.b), onde as espécies *Polycarpaea corymbosa* e *Cyperus cornelli-ostenii* estiveram associadas a parcelas com maior proporção de substrato ferruginoso endurecido, enquanto *Discocactus ferricola*, *Portulaca mucronulata* e *Selaginella sellowii* estiveram relacionadas a parcelas com maiores proporções de sedimento e fragmentos de minério de ferro e manganês endurecidos. As parcelas com maior proporção de sedimentos no interior das

parcelas estiveram associadas à presença das espécies *Selaginella sellowii*, *Portulaca mucronulata*, *Tripogon spicatus* e *Microchloa indica* (figura 4.b). Estas duas últimas espécies sempre ocorrem em locais com uma camada fina de substrato.

Discussão

As famílias botânicas com maior riqueza de espécies encontradas (Fabaceae e Poaceae) possuem uma ampla distribuição em diferentes formações vegetais tropicais, sendo Poaceae uma das famílias com maior número de espécies encontradas nas cangas de Carajás (Secco & Mesquita 1983, Silva 1991) e do Quadrilátero Ferrífero (Jacobi *et al.* 2007, Viana & Lombardi 2007, Jacobi *et al.* 2008, Messias *et al.* 2012, Carmo & Jacobi 2013).

Destaca-se a ausência de espécies de Velloziaceae nas cangas de Corumbá, uma família botânica característica dos campos ferruginosos do Estado de Minas Gerais (Rizzini 1997, Jacobi *et al.* 2007, Mourão & Stehmann 2007, Jacobi & Carmo 2008, Messias *et al.* 2012). Entretanto, representantes desta família foram coletados em regiões próximas à área de estudo: *Vellozia mirabilis* foi registrada em campos da Morraria do Amolar (acervo do Herbário COR) e *Vellozia tubiflora* em afloramentos graníticos na Bolívia (Porembski *et al.* 1998). Velloziaceae

possui centro de diversidade no sudeste brasileiro, especialmente nos afloramentos rochosos quartzíticos e areníticos, e o número de espécies desta família reduz-se drasticamente em direção às outras áreas. Carmo & Jacobi (2013) também relataram a pouca influência de elementos florísticos de Eriocaulaceae e Xyridaceae em cangas do Estado de Minas Gerais (Viana & Lombardi 2007, Jacobi & Carmo 2008), de forma diversa do observado para os afloramentos quartzíticos da Cadeia do Espinhaço e Serra de São José (Carmo & Jacobi 2013).

Sete espécies amostradas nas bancadas lateríticas de Corumbá perfizeram pouco mais de 75% dos valores de dominância, indicando que apenas 10% do total de espécies amostradas definem a estrutura desta comunidade, destacando-se a pteridófita *Selaginella sellowii* e a gramínea *Sporobolus monandrus*, as duas espécies com os maiores valores de importância.

Cerca de 30% do total de espécies amostradas pertencem ao grupo de monocotiledôneas, como registrado em diversos afloramentos rochosos (Conceição *et al.* 2007, Scarano 2007). A presença marcante deste grupo de plantas em afloramentos rochosos denomina, inclusive, um tipo de habitat, as touceiras de monocotiledôneas (“monocotyledonous mats”) (Porembski *et al.* 1997, Porembski 2007). Este padrão surge pela capacidade destas plantas sobreviverem em ambientes inóspitos e se reproduzirem

Figura 2. a. Interpolação dos escores dos dois primeiros eixos resultantes da DCA aplicada à matriz de valores de cobertura para 32 espécies amostradas em 81 parcelas nas bancadas lateríticas da fazenda Banda Alta, Ladário, MS, Brasil. Parcelas amostradas no “habitat seco” (o). Parcelas amostradas no “habitat sazonalmente inundado” (+). b. Resultados da DCA referentes às espécies e parcelas. CANGA: cobertura do substrato endurecido sem plantas; SEDIM: cobertura por sedimentos no interior da parcela. Os nomes abreviados das espécies constam na tabela 1.

Figure 2. a. Ordination diagram of the plots and cover values of plant species obtained by detrended correspondence analysis (DCA) using data of 32 vascular plant species and 81 plots on ironstone outcrops of Banda Alta site, Ladário, Mato Grosso do Sul, Brazil. Plots of dry habitat (o). Plots of seasonally wet habitat (+). b. Results of detrended correspondence analysis ordination of plots and species. CANGA: hardened substrate without vascular plants; SEDIM: thin layer soil inside plot. Plant species are represented by abbreviation used in table 1.

vegetativamente (Ibisch *et al.* 1995). Outro grupo bastante expressivo foram as pteridófitas, com cerca de 8% do total de espécies amostradas. Estas plantas, como, por exemplo *Selaginella sellowii*, podem ocorrer isoladamente ou em ilhas de solo sugerindo que mesmo espécies de plantas tolerantes à dessecação necessitem de certo grau de sombreamento, já que o incremento em biomassa deste tipo de planta é bastante lento.

Foram registradas apenas duas espécies endêmicas das bancadas lateríticas de Corumbá: *Gomphrena centrota* (Bortolotto *et al.* 1999, Pott *et al.* 2000) e *Discocactus ferricola*, uma cactácea elencada no rol de espécies ameaçadas da CITES, cuja distribuição geográfica é restrita à região de Corumbá e do Mutum, na Bolívia (Eggli 2002). Esta baixa frequência de espécies endêmicas também foi constatada para os afloramentos graníticos da Bolívia (Ibisch *et al.* 1995) e da Guiana Francesa (Sarhou & Villiers 1998), bem como nas cangas da Serra de Carajás (Rayol 2006). Este resultado, entretanto, difere do que vem sendo registrado para os afloramentos rochosos do Sudeste brasileiro (Porembski *et al.* 1998), apontados por Scarano (2007) como um dos três *hotspots* de diversidade de plantas em afloramentos rochosos. Estudos recentes sobre a flora em cangas do Quadrilátero Ferrífero e do sudoeste da Austrália mostram elevada diversidade e

endemismo (Jacobi *et al.* 2007, Gibson *et al.* 2010). O sudoeste da Austrália é citado como um *hotspot* de diversidade de espécies sobre afloramentos rochosos ferruginosos por Gibson *et al.* (2010), que atribuem este padrão de diversidade a fatores topográficos locais e o longo período em que esta paisagem não sofreu interferências de transgressões marinhas.

A baixa proporção de substrato ferruginoso endurecido, fragmentos de minério de ferro/manganes endurecidos ou sedimentos no interior das parcelas avaliadas (25%) revelaram que a cobertura vegetal do estrato herbáceo nas bancadas lateríticas de Corumbá se dá de maneira relativamente contínua, resultado distinto ao constatado em outros estudos onde os afloramentos rochosos possuem maior proporção (p. ex. Caiafa & Silva 2007, Neves & Conceição 2007) e a ocorrência da vegetação restringe-se a depressões, fissuras ou fendas (p. ex. Ribeiro *et al.* 2007). Tal fato pode ser decorrente da posição topográfica das bancadas lateríticas de Corumbá nas regiões colúviais (altitudes entre 100 e 200 m) e de sua baixa declividade, reduzindo a ação deletéria de enxurradas e contribuindo para o acúmulo de uma fina camada de sedimentos, especialmente nas depressões e cavidades em seu interior.

O estrato herbáceo estudado apresentou valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e equabilidade próximos aos observados para outros

Figura 3. a. Interpolação dos escores dos dois primeiros eixos resultantes da DCA aplicada à matriz de valores de cobertura para 24 espécies amostradas em 60 parcelas nas bancadas lateríticas da fazenda São Sebastião do Carandá, Ladário, MS, Brasil. b. Resultados da DCA referentes às espécies e parcelas. CANGA: cobertura substrato endurecido sem plantas; SEDIM: cobertura por sedimentos no interior da parcela. Os nomes abreviados das espécies constam na tabela 1.

Figure 3. a. Ordination diagram of the plots and cover values of plant species obtained by detrended correspondence analysis (DCA) using data of 24 vascular plant species and 60 plots on ironstone outcrops of São Sebastião do Caranda site, Ladário, Mato Grosso do Sul, Brazil. Plant species are represented by abbreviation used in table 1. b. Results of detrended correspondence analysis ordination of plots and species. CANGA: hardened substrate without vascular plants; SEDIM: thin layer soil inside plot. Plant species are represented by abbreviation used in table 1.

Agradecimentos

À CAPES, pela Bolsa de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de São Paulo concedida à primeira Autora; aos proprietários das fazendas, Srs. Altair Gonçalves, Luis Alberto Pinto de Figueiredo e Sami Loft, por permitirem o acesso às áreas de estudos; aos pesquisadores que identificaram o material botânico, Adriana Guglieri (Poaceae-UFMS), Ana Maria Goulart de A. Tozzi (Fabaceae-UNICAMP), Alexa Oliveira Paes Coelho (Portulacaceae-UNEB), Claudia E. Carneiro (Caryophyllaceae-UEFS), Elton M. Assis (Pteridophyta-UFMS), Gerleni Lopes (Malvaceae-IBt), Jumara Marques Souza (Oxalidaceae-UEFS), Juliana Lovo (Iridaceae-USP), Marcela Firens (Rubiaceae-UNICAMP), Marcos José da Silva (Euphorbiaceae, Phyllanthaceae-UNICAMP), Maria Candida Mamede (Malpighiaceae-IBt), Maria do Carmo Amaral (Commelinaceae-UNICAMP), Rafael Trevisan (Cyperaceae-UFRGS), Renata Oliveira (Amaryllidaceae-UNICAMP), Renata Sebastiani (Malpighiaceae-*Janusia*-IBt), Rosângela S. Bianchini (Convolvulaceae-IBt), Rosilene Silva (Fabaceae-UNICAMP), Rubens T. Queiroz (Fabaceae-UNICAMP).

Literatura citada

- APG III.** 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Augustin, C.H.R.R., Lopes, M.R.S. & Silva, S.M.** 2013. Lateritas: um conceito ainda em construção. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 14: 241-257.
- Baker, A.J.M. & Brooks, R.R.** 1988. Botanical exploration for minerals in the humid tropics. *Journal of Biogeography* 15: 221-229.
- Barthlott, W., Groger, A. & Porembski, S.** 1993a. Some remarks on the vegetation of tropical inselbergs: diversity and ecological differentiation. *Biogeographica* 69:17-36.
- Barthlott, W., Porembski, S., Szarzynski, J. & Mund, J.P.** 1993b. Phytogeography and vegetation of tropical inselbergs. *Actes du colloque international de Phytogéographie tropicale*, pp.15-24.
- Bigarella, J.J., Becker, R.D. & Santos, G.F.** 2007. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2 ed., v.1. Editora da UFSC, Florianópolis.
- Bortolotto, I.M., Damasceno-Júnior, G.A. & Isquierdo, S.W.G.** 1999. Caracterização das unidades fitofisionômicas da bacia da Lagoa Negra em Ladário - MS. *In: Anais do 2º Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal: manejo e conservação*, Embrapa, Brasília, pp. 283-289.
- Brummitt, R.K. & Powell, C.E.** 1992. Authors of plant names. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Burbanck, M.P. & Platt, R.B.** 1964. Granite outcrop communities of the piedmont plateau in Georgia. *Ecology* 45: 292-306.
- Caiafa, A.N. & Silva, A.F.** 2007. Structural analysis of the vegetation on a highland granitic rock outcrop in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 657-664.
- Cardoso, E.L., Oliveira, H., Amaral, J.A.M., Ker, J.C., Pereira, N.R., Santos, R.D., Tôsto, S.G., Spera, S.T. & Carvalho Júnior, W.** 2000. Pedologia. *In: J.S.V. Silva (org.). Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, pp. 95-109.
- Carmo, F.F. & Jacobi, C.M.** 2013. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia* 64: 527-541.
- Carmo, F.F., Campo, I.C. & Jacobi, C.M.** 2012. Cangas: ilhas de ferro estratégicas para a conservação. *Ciência Hoje* 295: 48-53.
- Cleef, A. & Silva, M.F.F.** 1994. Plant communities of the Serra dos Carajás (Pará), Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica*, 10: 269-281.
- Conceição, A.A. & Pirani, J.R.** 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 23: 85-111.
- Conceição, A.A., Pirani, J.R. & Meirelles, S.T.** 2007. Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of "Chapada Diamantina", northeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 641-656.
- Eggli, U.** 2002. Synopsis of the Cactaceae of Mato Grosso, Brazil. *Haseltonia* 9: 146-166.
- França, F., Melo, E. & Gonçalves, J.M.** 2006. Aspectos da diversidade da vegetação no topo de um inselbergue no semi-árido da Bahia, Brasil. *Sitientibus, série Ciências Biológicas* 6: 30-35.
- Gibson, N., Yates, C.J. & Dillon, R.** 2010. Plant communities of the ironstone ranges of South Western Australia: hotspots for plant diversity and mineral deposits. *Biodiversity Conservation* 19: 3951-3962.
- Ginocchio, R. & Baker, A.J.M.** 2004. Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely known and studied in the region. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 185-194.
- Hamblen, D.J.** 1964. The vegetation of granitic outcrops in western Nigeria. *Journal of Ecology* 52: 573-594.
- Ibisch, P.L., Rauer, G., Rudolph, D. & Barthlott, W.** 1995. Floristic, biogeographical, and vegetational aspects of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in eastern Bolivia. *Flora* 190: 299-314.

- Jacobi, C.M. & Carmo, F.F.** 2008. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the Iron Quadrangle, a threatened Brazilian landscape. *Ambio* 37: 324-326.
- Jacobi, C.M., Carmo, F.F. & Vincent, R.C.** 2008. Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Árvore* 32: 345-353.
- Jacobi, C.M., Carmo, F.F., Vincent, R.C. & Stehmann, J.R.** 2007. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 16: 2185-2200.
- Krebs, C.J.** 1972. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper and Row, New York.
- Legendre, P. & Legendre, L.** 1998. *Numerical ecology*. 2 ed. Elsevier, Amsterdam.
- Lista de espécies da Flora do Brasil.** 2014. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>> (acesso em 20-VII-2012).
- Meirelles, S.T., Pivello, V.R. & Joly, C.A.** 1999. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. *Environmental Conservation* 26: 10-20.
- Messias, M.C.T.B., Leite, M.G.P., Meira-Neto, J.A.A. & Kozovits, A.R.** 2012. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica* 26: 230-242.
- Messias, M.C.T.B., Leite, M.G.P., Meira Neto, J.A.A., Kozovits, A.R. & Tavares, R.** 2013. Soil-vegetation relationship in quartzitic and ferruginous Brazilian rocky outcrops. *Folia Geobotanica* 48: 509-521.
- Mourão, A. & Stehmann, J.R.** 2007. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 58: 775-786.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H.** 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Willey, New York.
- Neves, S.P.S. & Conceição, A.A.** 2007. Vegetação em afloramentos rochosos na Serra do Sincorá, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitientibus série Ciências Biológicas* 7: 36-45.
- Phillips, D.L.** 1981. Succession in granite outcrop shrub-tree communities. *The American Midland Naturalist* 106: 313-317.
- Porembski, S.** 2007. Tropical inselbergs: habitat types, adaptative strategies and diversity patterns. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 579-586.
- Porembski, S., Barthlott, W., Dörrstock, S. & Biedinger, N.** 1994. Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains and ferricretes - remarks on species number and endemism. *Flora* 189: 315-326.
- Porembski, S., Martinelli, G., Ohlemüller, R. & Barthlott, W.** 1998. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Diversity and Distributions* 4: 107-119.
- Porembski, S., Seine, R. & Barthlott, W.** 1997. Inselberg vegetation and the biodiversity of granite outcrops. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 80: 193-199.
- Porto, M.L. & Silva, M.F.F.** 1989. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 3: 13-21.
- Pott, A., Silva, J.S.V., Salis, S.M., Pott, V.J. & Silva, M.P.** 2000. Vegetação e uso da terra. In: J.S.V. Silva (org.). *Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, pp. 111-131.
- Rayol, B.P.** 2006. Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalófilas na Floresta Nacional de Carajás: subsídios à conservação. Dissertação de Mestrado, Universidade Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, Pará.
- Ribeiro, K.T., Medina, B.M.O. & Scarano, F.R.** 2007. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 623-639.
- Rizzini, C.T.** 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2. ed. Âmbito Cultural Edições Ltda., Rio de Janeiro.
- Sarthou, C. & Villiers, J.F.** 1998. Epilithic plant communities on inselbergs in French Guiana. *Journal of Vegetation Science* 9: 847-860.
- Sarthou, C., Kounda-Kiki, C., Vaçulik, A., Mora, P. & Ponge, J.F.** 2009. Successional patterns on tropical inselbergs: A case study on the Nouragues inselberg (French Guiana). *Flora* 204: 396-407.
- Scarano, F.R.** 2007. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 561-568.
- Secco, R.S. & Lobo, M.G.A.** 1988. Considerações taxonômicas e ecológicas sobre a flora dos "campos rupestres" da Serra dos Carajás (PA). *Boletim da FBCN* 23: 30-44.
- Secco, R.S. & Mesquita, A.L.** 1983. Notas sobre a vegetação de canga na Serra Norte - I. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 59: 1-13.
- Seine, R., Becker, U., Porembski, S., Follmann, G. & Barthlott, W.** 1998. Vegetation of inselbergs in Zimbabwe. *Edinburgh Journal of Botany* 55: 267-293.
- Shure, D. & Ragsdale, H.L.** 1977. Patterns of primary succession on granite outcrop surfaces. *Ecology* 58: 993-1006.

- Silva, M.F.F.** 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás - Pará (Brasil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 7: 79-107.
- Silva, M.F.F.** 1992. Distribuição de metais pesados na vegetação metalófito de Carajás. Acta Botanica Brasilica 6: 107-122.
- Silva, M.F.F., Secco, R.S. & Lobo, M.G.** 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. Acta Amazonica 26: 17-44.
- Silva, R.R. & Tozzi, A.M.G.A.** 2008. A new species of *Lonchocarpus* (Leguminosae, Papilionoideae) from Mato Grosso do Sul, Brazil. Brittonia 60: 34-37.
- Soriano, B.M.A.** 2000. Climatologia. In: J.S.V. Silva (org.). Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, pp. 69-81.
- Takahasi, A.** 2010. Ecologia da vegetação em bancadas lateríticas em Corumbá, MS. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- The plant list.** 2014. Version 1.1. Disponível em <<http://www.theplantlist.org/>> (acesso em 10-V-2012).
- Tropicos.org.** 2014. Missouri Botanical Garden. Disponível em <<http://tropicos.org>> (acesso em 23-III-2013).
- Viana, P.L. & Lombardi, J.A.** 2007. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. Rodriguesia 58: 159-177.
- Vincent, R.C. & Meguro, M.** 2008. Influence of soil properties on the abundance of plant species in ferruginous rocky soils vegetation, southeastern Brazil. Revista Brasileira de Botânica 31: 377-388.