
Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG

CLAUDIA MARIA JACOBI*
FLÁVIO FONSECA DO CARMO

Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil
* e-mail: jacobi@icb.ufmg.br

RESUMO

Os campos rupestres ferruginosos, conhecidos como vegetação de canga, estão concentrados no Quadrilátero Ferrífero, em áreas associadas a gigantescos depósitos de minério de ferro. É um dos ecossistemas menos estudados de Minas Gerais, embora entre os mais ameaçados, principalmente devido à intensa atividade mineradora associada a seus afloramentos de ferro. Os poucos e recentes levantamentos florísticos restritos a estes afloramentos, que somados não chegam a uma área de 260ha, indicaram uma alta diversidade alfa e beta. Em quatro levantamentos foram identificadas 86 famílias, 250 gêneros e 458 espécies de plantas vasculares, distribuídos nos diversos habitats resultantes de uma evolução geomorfológica muito peculiar. As espécies comuns a esses afloramentos, entretanto, não chegam a 5%. Comparadas com outros afloramentos rochosos, como os de quartzito, as cangas contribuem substancialmente para a diversidade regional da flora. Um dos grupos vegetais mais relevantes para a conservação de regiões metalíferas são as metalófitas, com espécies capazes de crescer na presença de metais tóxicos, podendo oferecer serviços ecológicos como a fitoextração, fitoestabilização e fitoprospecção. O incremento da atividade mineradora, aliado à carência de unidades de conservação que abrigam este ecossistema, constituem as principais ameaças aos campos rupestres ferruginosos.

ABSTRACT

Rupestrian ferruginous fields, known as canga vegetation, are concentrated in the Iron Quadrangle, in areas associated with massive iron ore deposits. They are one of the least studied ecosystems in Minas Gerais, although they are among the most threatened, mainly because of intense mining activities associated with ironstone outcrops. The few and very recent floristic surveys restricted to these outcrops, carried out in an area smaller than 260ha, indicated high alpha and beta diversities. In four surveys, 86 families, 250 genera and 458 species of vascular plants were identified, distributed among the different habitats that resulted from a very peculiar geomorphologic evolution. The species common to all four outcrops, however, do not reach 5%. Compared to other rock outcrops such as quartzite, ironstone outcrops contribute substantially to the regional plant diversity. One of the plant groups most relevant for the conservation of metalliferous regions are the metallophytes, with species capable of growing in the presence of toxic metals and therefore potentially useful

for phytoextraction, phytostabilization and phytprospection. The increasing mining activities, together with the lack of conservation units that harbor this ecosystem, constitute the main threats to ferruginous fields.

INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero – QF, com uma área de aproximadamente 7.200km², compõe o extremo sul da Cadeia do Espinhaço, que é considerada uma das regiões de maior diversidade florística da América do Sul (Harley, 1995; Giuliatti *et al.*, 1997), com mais de 30% de endemismo em sua flora (Giuliatti *et al.*, 1987). Está inserido na zona de transição dos dois *hotspots* brasileiros: a Mata Atlântica e o Cerrado, e é considerado uma área de ‘importância biológica especial’ (Drummond *et al.*, 2005). Esse *status* foi proposto devido à presença dos campos ferruginosos, a ocorrência de espécies vegetais restritas à região, e por constituir um ambiente único no estado.

Formado por terrenos antigos e geologicamente complexos, com litologias variadas aflorando lado a lado (Alkmim & Marshak, 1998; Klein & Ladeira, 2000), o QF apresenta uma singular heterogeneidade da paisagem, com fitofisionomias integrando um mosaico moldado pela conjunção da topografia, litologia, clima e altitude. Para ilustrar esta multiplicidade, em apenas um km² da Serra da Moeda (no sudoeste do QF) é possível encontrar floresta estacional semidecidual, matas ripárias, florestas montanas ou “capões de altitude”, campo cerrado, cerrado *sensu strictu*, campos rupestres quartzíticos, graníticos e campos rupestres ferruginosos. Estes últimos, conhecidos também como vegetação de canga, são encontrados principalmente nesta região e na Serra de Carajás – PA (Silva *et al.*, 1996). No QF os campos ferruginosos estão associados a vários tipos de substratos ricos em ferro. Estes podem se apresentar totalmente fragmentados ou formando uma espessa e sólida couraça. Entre estes dois extremos ocorrem várias fisionomias campestres como campo limpo, campo sujo e os campos rupestres propriamente ditos. Devido à distribuição em áreas restritas, de difícil acesso, e por recobrirem importantes depósitos de minério de ferro, os afloramentos ferruginosos estão entre os ecossistemas mais ameaçados e menos estudados de Minas Gerais. Levantamentos florísticos exclusivamente nestes afloramentos são muito recentes (Mendonça, 2006; Jacobi *et al.*, 2007; Viana & Lombardi, 2007; Stehmann & Oliveira, 2007). Nossos objetivos foram avaliar a

diversidade da flora associada aos afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, comparar esta com a de campos rupestres quartzíticos e discutir a importância da sua preservação e conhecimento.

HETEROGENEIDADE ESPACIAL DOS AFLORAMENTOS FERRUGINOSOS

Com uma distribuição descontínua, geralmente restrita aos topos de montanhas, os campos rupestres são reconhecidos mundialmente como centros de diversidade e endemismo de plantas (Alves & Kolbek, 1994; Porembski *et al.*, 1994; Giuliatti *et al.*, 1997). No Brasil, os campos rupestres da Serra do Espinhaço são considerados centros de diversidade de famílias como Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae, com aproximadamente 90% das suas espécies endêmicas dessa região (Giuliatti *et al.*, 2005), e de vários gêneros de Melastomataceae, Ericaceae e Asteraceae (Pirani *et al.*, 2003).

Nas montanhas formadas pelos gigantescos depósitos de minério de ferro que delimitam o QF estão localizados os conglomerados ferruginosos superficiais, conhecidos como cangas. Estes afloramentos são couraças compostas geralmente por minerais derivados das formações ferríferas bandadas, hematita compacta e fragmentos de itabirito cimentados por limonita (Dorr, 1964), que em alguns locais podem chegar a mais de 30 metros de espessura (Simmons, 1963). Constituem verdadeiras “ilhas de ferro” distribuídas nos topos e encostas de algumas dessas serras, em altitudes que variam de 900 a 1.900m. Na década de 1960, Dorr (1964) estimou que a cobertura total dessas cangas era de aproximadamente 10.000ha, uma área muito limitada quando comparada com a dos campos rupestres quartzíticos, que ocorrem ao longo de toda a Cadeia do Espinhaço, a Serra da Canastra, a Serra de São José e outras.

A heterogeneidade topográfica das cangas, resultado de uma evolução geomorfológica muito peculiar (Rosière & Chemale, 2000), reflete-se numa variedade de ambientes, tendo sido identificados recentemente oito habitats associados aos afloramentos, cada um com predominância de diferentes comunidades de

plantas (Jacobi *et al.*, 2007): paredões e entradas de cavernas, capões, tapetes de monocotiledôneas, fissuras na rocha, fendas e depressões, lagoas temporárias, cavidades alagadas e rocha exposta. A canga fornece assim condições ecológicas que geralmente diferem da paisagem adjacente, ou matriz. Esta heterogeneidade permite que os afloramentos ferruginosos constituam um refúgio para espécies adaptadas a condições xéricas, como a cactácea *Arthrocerus glaziovii* N.P. Taylor & D.C. Zappi e a condições métricas, como *Staurogyne minarum* Kuntze (Acanthaceae) e *Juncus* sp. (Juncaceae).

As plantas de campo rupestre ferruginoso, além das adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas típicas de afloramentos rochosos *lato sensu*, como esclerofilia, reprodução clonal e poiquiloidria, ou seja, a capacidade de resistir a ciclos de dessecação e reidratação (Gaff, 1987; Giulietti *et al.*, 1987), ainda possuem adaptações para se estabelecer em um substrato rico em metais pesados (Porto & Silva, 1989; Teixeira & Lemos Filho, 1998).

DIVERSIDADES ALFA E BETA

Estudos florísticos de comunidades campestres já foram realizados em áreas metalíferas no QF, porém muitas vezes sem uma clara distinção entre as comunidades associadas aos afloramentos ferruginosos, chamados por Rizzini (1997) de “canga couraçada”, das comunidades associadas a neossolos litólicos e cambissolos, entre outros (IBRAM, 2003), chamados por aquele autor de “canga nodular”. Embora estes dois tipos de substrato são ricos em minerais metálicos, principalmente o ferro, e apresentam uma fisionomia campestre, existem diferenças florísticas entre eles, caracterizando-se o primeiro por sustentar uma comunidade mais adaptada ao ambiente rupícola (Vincent, 2004). Discutiremos aqui os resultados dos levantamentos florísticos realizados somente em afloramentos ferruginosos no QF (Mendonça, 2006; Jacobi *et al.*, 2007; Viana & Lombardi, 2007; Stehmann & Oliveira, 2007).

Os quatro levantamentos, agrupados em três regiões (Figura 1), evidenciaram, em uma área total estimada que não ultrapassa 260ha, 86 famílias, 250 gêneros e 458 espécies de plantas vasculares, agrupadas em 11 famílias de pteridófitas com 21 espécies e 75 famílias de angiospermas (representando cerca de 34% das famílias encontradas no Brasil, *sensu* APG II, 2003) distribuídas em Magnoliídeas, com quatro famílias e 10 espécies; Monocotiledôneas, com 15 famílias e

114 espécies; e Eudicotiledôneas, com 56 famílias e 313 espécies (Anexo).

As 15 famílias de angiospermas com maior riqueza de espécies foram Asteraceae (59 spp.), Poaceae (30 spp.), Orchidaceae e Myrtaceae (28 spp.), Melastomataceae (23 spp.), Fabaceae (18 spp.), Solanaceae (17 spp.), Rubiaceae (16 spp.), Apocynaceae, Cyperaceae e Bromeliaceae (13 spp. cada), Velloziaceae (11 spp.), Malpighiaceae, Euphorbiaceae e Verbenaceae (10 spp. cada). Os dez gêneros com maior riqueza de espécies foram *Myrcia* (13 spp.), *Solanum* (11 spp.), *Vellozia* (8 spp.), *Baccharis*, *Eugenia* e *Panicum* (7 spp. cada), *Leandra* (6 spp.), *Lippia*, *Miconia* e *Passiflora* (5 spp. cada). Foram encontradas 34 espécies citadas na Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora de Minas Gerais (Mendonça & Lins, 2000). Destas, 18 estão ameaçadas de extinção, como *Gutteria sellowiana* Schldtl. (Annonaceae), *Oncidium warmingii* Rchb.f. (Orchidaceae), *Ditassa linearis* Mart. (Apocynaceae), *Hololepis pedunculata* D.C. e *Senecio pohlii* Sch.Bip. ex Baker (Asteraceae), *Nematanthus strigillosus* (Mart.) H.E. Moore (Gesneriaceae); e 16 espécies estão presumivelmente ameaçadas, entre as quais *Senecio adamantinus* Banq. e *Eremanthus incanus* Less. (Asteraceae), *Sarcoglottis schwackei* Schltr. (Orchidaceae) e *Coccoloba acrostichoides* Cham. (Polygonaceae).

Além da considerável diversidade alfa, relacionada aos tipos de microhabitats, as cangas apresentam uma alta diversidade beta, decorrentes do isolamento, e provavelmente de variações climáticas e mineralógicas do substrato ferruginoso (Vilela *et al.*, 2004). Jacobi *et al.* (2007) encontraram uma similaridade florística de 27% entre duas cangas distantes entre si apenas 32km e, nos quatro levantamentos florísticos considerados aqui, menos de 5% das espécies foram comuns a todos os afloramentos ferruginosos. Todas essas espécies são típicas de campos rupestres *sensu lato*, como *Vellozia compacta* Mart. (Velloziaceae), *Tibouchina multiflora* Cogn. (Melastomataceae) e as Asteraceae *Dasyphyllum candolleianum* (Gardner) Cabrera e *Lychnophora pinaster* Mart., esta última restrita a Minas Gerais (Pirani *et al.* 2003).

FLORÍSTICA E DIVERSIDADE DE CAMPOS RUPESTRES QUARTZÍTICOS E SOBRE CANGA

Quando comparados alguns estudos florísticos de campos rupestres realizados no Espinhaço mineiro, percebe-se que as cangas contribuem substancialmente para a diversidade regional (Tabela 1). Para esta comparação foram considerados estudos de campos rupestres

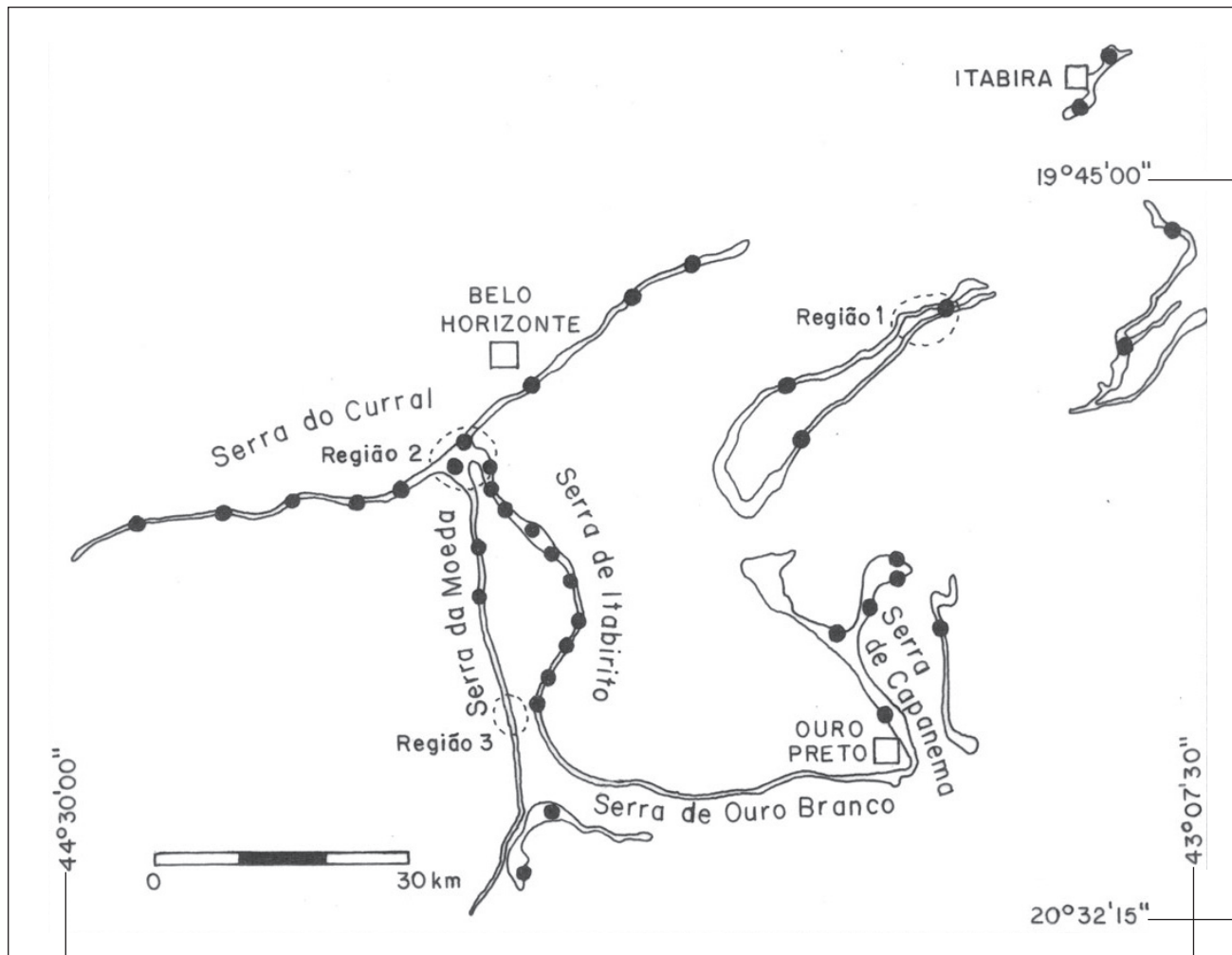


FIGURA 1 – Mapa das reservas de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, identificando as maiores minas de extração de hematita compacta (círculos) e as regiões onde foram realizados os levantamentos florísticos em campos rupestres ferruginosos mencionados no presente trabalho. Região 1: Barão de Cocais; Região 2: Nova Lima, Serra da Calçada e PE da Serra do Rola Moça; Região 3: Serra da Moeda. Adaptado de Pires (2003).

quartzíticos realizados na Serra do Cipó e em Grão-Mogol (Giulietti *et al.*, 1987; Pirani *et al.*, 2003) reconhecidos pelo intenso trabalho de amostragem florística e caracterização fitofisionômica.

Analisando as 15 famílias de angiospermas mais ricas, observa-se que a maioria ocorre tanto em cangas quanto em campos rupestres quartzíticos, constituindo de 55% até 67% do total das espécies encontradas nestes estudos (Tabela 2). Entretanto, a sua representatividade varia em alguns casos. Eriocaulaceae e Xyridaceae não são bem representadas em cangas, embora sejam consideradas famílias típicas de campos rupestres (Menezes & Giulietti, 2000). A ausência de solos arenosos alagáveis e com grande quantidade de

substâncias húmicas (solos escuros) pode explicar esse fato. Ao contrário, Solanaceae é bem representada nas cangas, e ausente nas comunidades quartzíticas. Provavelmente a presença frequente de capões nestes ambientes permite um número maior de espécies de matas ou ecotonais. Isso pode também explicar a maior proporção de espécies de Rubiaceae e Myrtaceae, e a presença de gêneros como *Myrcia*, *Solanum*, *Eugenia*, *Leandra* e *Miconia*, que estão entre os mais ricos em número de espécies nos afloramentos ferruginosos. Bromeliaceae e Orchidaceae são bem representadas tanto em cangas quanto quartzito. Em cangas, estas famílias assumem uma maior proporção, sendo a maioria das espécies de hábito rupícola.

TABELA 1 – Alguns levantamentos florísticos de campos rupestres realizados no Espinhaço mineiro.

LOCALIDADE	ÁREA (ha)	SUBSTRATO	ESPÉCIES	FAMÍLIAS	REFERÊNCIA
Serra do Cipó	20.000	quartzito	1590	138	Menezes & Giuliatti, 2000
Grão-Mogol	10.000	quartzito	1073	129	Pirani <i>et al.</i> , 2003***
Serra de Itabirito	4.000 [†]	quartzito, itabirito	412	83	Brandão <i>et al.</i> , 1991**
PE Itacolomi	2.000 [†]	quartzito	300	67	Peron, 1989*
Serra da Piedade	800 [†]	quartzito, itabirito, canga	305	55	Brandão & Gavilanes, 1990
Serra do Ambrósio	700 [†]	quartzito	84	40	Pirani <i>et al.</i> , 1994
Nova Lima	100 [†]	canga	217	61	Mendonça, 2006
Serra da Calçada	75 [†]	canga	246	56	Viana & Lombardi, 2007
Barão de Cocais	35 [†]	canga	119	38	Stehmann & Oliveira, 2007
PE S. Rola Moça	25	canga	138	46	Jacobi <i>et al.</i> , 2007
Serra da Moeda	20	canga	160	55	Jacobi <i>et al.</i> , 2007

Formações vegetais incluídas no estudo:

* mata ripária, floresta estacional semidecidual e campos cerrados.

** cerrado.

*** campo limpo, cerrado, carrasco, matas de galeria e mata mesófila.

[†] estimada.

TABELA 2 – As 15 famílias de angiospermas com maior riqueza de espécies encontradas em campos rupestres ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero e em campos rupestres quartzíticos da Serra do Cipó e de Grão-Mogol, MG. Os números representam a contribuição percentual de cada família para a riqueza de espécies.

FAMÍLIAS	CANGAS	S. CIPÓ	GRÃO-MOGOL
Apocynaceae	2,8	2,4	3,6
Asteraceae	12,9	10,6	7,6
Bignoniaceae	--	--	1,8
Bromeliaceae	2,8	2,3	1,7
Cyperaceae	2,8	2,0	3,2
Eriocaulaceae	--	5,3	2,4
Euphorbiaceae	2,2	1,5	3,1
Fabaceae	3,9	6,7	9,7
Malpighiaceae	2,2	2,6	2,4
Melastomataceae	5,0	5,7	4,0
Myrtaceae	6,1	2,8	3,2
Orchidaceae	6,1	5,0	2,8
Poaceae	6,5	8,2	3,8
Rubiaceae	5,4	2,9	3,9
Solanaceae	3,7	--	--
Velloziaceae	2,4	3,6	1,7
Verbenaceae	2,2	--	--
Xyridaceae	--	2,9	--
Total (%)	67,2	64,4	54,8

Fontes: Giuliatti *et al.* 1987; Pirani *et al.* 2003; Mendonça, 2006; Jacobi *et al.*, 2007; Viana & Lombardi, 2007; Stehmann & Oliveira, 2007.

Os afloramentos metalíferos em geral concentram espécies metalófilas endêmicas, (Whiting *et al.*, 2004). Considerando o escasso número de levantamentos em canga, ainda é cedo para apontar espécies endêmicas exclusivas de afloramentos ferruginosos no QF. Apesar dos dados insuficientes, algumas espécies endêmicas como a cactácea *Arthrocreus glaziovii* (Taylor & Zappi, 2004), ou possivelmente endêmicas como as bromélias *Dyckia consimilis* Mez e *Vriesea minarum* L.B. Sm. (Versieux, 2005) já foram relatadas, e provavelmente o número de endemismos seja muito maior. Estudos florísticos devem ser realizados em todo o QF, principalmente nas regiões leste e sul, para uma caracterização detalhada da flora e da distribuição geográfica das espécies de campos rupestres sobre canga. *Ditassa monocoronata* Rapini (Apocynaceae) descoberta em 2001 (Rapini *et al.*, 2002) e *Vriesea longistaminea* Paula & Leme (Bromeliaceae) descrita em 2004 (Leme & Paula, 2004) exemplificam essa situação. Ambas foram encontradas em regiões restritas e muito próximas a cavas de extração de minério de ferro.

QUADRILÁTERO FERRÍFERO, UMA ECORREGIÃO METALÍFERA?

O QF é considerado uma das mais importantes províncias minerais do mundo (Spier *et al.*, 2003). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de minério de ferro, e cerca de 75% desse minério é extraído no QF, onde

atualmente mais de 50 minas a céu aberto estão em atividade. A região também é uma grande produtora de alumínio, manganês, ouro e outros tipos de minerais (DNPM, 2006).

Uma das comunidades vegetais mais relevantes para a conservação de regiões metalíferas com intensa atividade mineradora são as plantas metalófilas, compreendendo as *pseudometalófitas*, espécies que toleram solos com altas concentrações de metais, porém comumente encontradas em solos não metálicos; as *eumetalófitas*, que apresentam mecanismos de resistência e/ou tolerância, com táxons endêmicos de áreas metalíferas; e as *hiperacumuladoras*, que concentram altos valores de metais pesados nos tecidos (Whiting *et al.*, 2004). Estas comunidades vegetais associadas aos substratos metalíferos podem oferecer serviços ecológicos como a fitoextração, fitoestabilização e fitoprospecção (Ginocchio & Baker, 2004). Atualmente no mundo diversos grupos de pesquisa estão focalizando a conservação e a utilização sustentável dessas comunidades (Cook & Johnson, 2002; Whiting *et al.*, 2002; Reeves, 2003), atendendo a recomendações da Convenção da Diversidade Biológica - CDB – para identificar e conservar as metalófitas. Whiting *et al.* (2004), por exemplo, sugeriram a inclusão destas recomendações no Sistema de Gestão Ambiental - ISO 14.000.

Apesar de existirem no país importantes regiões com afloramentos rochosos ricos em metais, como o próprio QF e a Serra de Carajás (Silva, 1991), a importância biológica das comunidades metalófilas ainda é subestimada no Brasil, em parte devido ao pequeno número de estudos ecológicos, geobotânicos e biogeográficos realizados até o presente. No QF já foram identificadas algumas metalófitas (*sensu* Whiting *et al.*, 2004) associadas à canga, como *Eremanthus erythropappus* (DC.) N.F.F. MacLeish e *E. glomerulatus* Less. (Asteraceae), *Microlicia crenulata* Mart. e *Trembleya laniflora* Cogn. (Melastomataceae), que acumulam nas folhas concentrações de Cu, Fe, Mn, e Zn acima do disponível no substrato (Teixeira & Lemos-Filho, 1998), e metalófilas associadas a outros tipos de substratos metalíferos, como *Podocarpus sellowii* KL. (Podocarpaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Paepalanthus* sp. (Eriocaulaceae) e *Vellozia* sp. (Velloziaceae), que acumulam nos tecidos concentrações de Cd, Cu, Fe, Mn, Ni e Pb acima da normalidade (Porto & Silva, 1989).

No mundo já foram propostos cinco “hotspots metalíferos”, todos eles em ecorregiões florestais ricas em biodiversidade e ameaçadas pelos impactos ambientais relacionados à intensa atividade de mineração. Somente um destes hotspots ocorre na América do Sul,

representado por áreas localizadas nas Guianas e nos Andes (WWF & IUCN, 1999). O QF, em vista do seu contexto geo-econômico e importância biológica, cumpre com diversos requisitos listados por Dinerstein *et al.* (1995), para ser identificado como ecorregião.

DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO

A maioria dos levantamentos florísticos em cangas no QF são muito recentes. Das quatro mencionadas neste estudo, duas já desapareceram por causa da mineração, e apenas uma está localizada em unidade de conservação, o que infelizmente parece refletir o *status* regional desse ameaçado ecossistema. Pode-se apenas especular o que já foi perdido com a eliminação histórica de um número considerável de cangas. Esse fato torna-se inquestionável quando se observa o contexto geo-econômico do QF, com uma intensa atividade de mineração gerando uma grande demanda por processos ambientais de licenciamento para pesquisa, concessões minerais e exploração. Somente na Área de Proteção Ambiental Sul da região metropolitana de Belo Horizonte (APA-Sul), os direitos minerários chegam a 77% dos 165.160ha de área desta unidade de conservação (IBRAM, 2003).

Entre as maiores ameaças à biodiversidade mundial está a perda de habitat, que nas cangas ocorre pela histórica atividade de mineração, recentemente intensificada pela abertura econômica da China, que gerou em nível mundial uma demanda sem precedentes por minérios, fenômeno conhecida como “efeito China” (DNPM, 2006). Estima-se que em 2010 a produção brasileira anual desse minério deverá atingir 280 milhões de toneladas, representando um aumento de 53% quando comparado com a produção de 1988 (DNPM, 2001). O mapa na Figura 1 indica apenas as minas a céu aberto que extraem hematita compacta, um tipo especial de minério com alto teor de ferro, e não inclui as cavas de extração dos outros tipos de minério de ferro que existem no QF.

Ao contrário da maioria dos campos rupestres quartzíticos, que têm uma ampla área de distribuição, alguns localizados em unidades de conservação de dimensões consideráveis, como o Parque Nacional da Serra do Cipó, os campos rupestres ferruginosos no Espinhaço estão numa situação que precisa ser rapidamente revertida (Jacobi & Carmo, 2008). Além da distribuição restrita, concentrada no QF, são poucas as unidades de conservação que contêm essas comunidades, sendo o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, próximo de Belo Horizonte, a mais destacada.

O reconhecimento recente do QF como área de ‘importância biológica especial’ (Drummond *et al.*, 2005) é um passo fundamental para promover medidas práticas para a sua conservação.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto CRA-89/03; ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e ao Instituto Estadual de Florestas (IEF/MG) pelas licenças concedidas. A Myrian Morato Duarte pelo desenho do mapa. Ao revisor anônimo pelos valiosos comentários. Aos organizadores do *workshop* “Diagnóstico do Status do Conhecimento da Biodiversidade e de sua Conservação na Cadeia do Espinhaço”, pelo convite para participar de tão importante iniciativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F.F. & S. Marshak. 1998. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research* 90: 29-58.
- Alves, R.J.V. & J. Kolbek. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. *Vegetatio* 113: 125-139.
- APG II (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- Brandão, M. & M.L. Gavilanes. 1990. Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, Serra da Piedade - II. *Daphne* 1: 26-43.
- Brandão, M., M.L. Gavilanes, J.P.L. Buendia, J.F. Macedo & L.H.S. Cunha. 1991. Contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra de Itabirito) - III. *Daphne* 1: 39-41.
- Cook, J.A. & M.S. Johnson. 2002. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. *Environmental Reviews* 10: 41-71.
- Dinerstein, E., G.J. Schipper & D.M. Olson. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. WWF, Washington DC, EUA. 177pp.
- DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). 2001. Balanço Mineral Brasileiro. Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brasil. pp 1-27.
- DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). 2006. Sumário Mineral. Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brasil. 122 pp.
- Dorr, J.N. 1964. Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology* 59: 1203-1240.
- Drummond, G.M., C.S. Martins, A.B.M Machado, F.A. Sebaio & Y. Antonini (eds.). 2005. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação, 2a. ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil. 222 pp.
- Gaff, D.F. 1987. Desiccation tolerant plants in South America. *Oecologia* 74: 133-136.
- Ginocchio, R. & A.J.M. Baker. 2004. Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely known and studied in the region. *Revista Chilena Historia Natural* 77: 185-194.
- Giulietti, A.M., R.M. Harley, L.P. Queiroz, M.G.L. Wanderley & C. Van den Berg. 2005. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade* 1: 52-61.
- Giulietti, A.M., N.L. Menezes, J.R. Pirani, M. Meguro & M.G.L. Wanderley. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 9: 1-151.
- Giulietti, A.M., J.R. Pirani & R.M. Harley. 1997. Espinhaço Range region – Eastern Brazil. In: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A.C. Hamilton (eds). *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Vol. 3. The Americas. WWF/IUCN Publications Unit., Cambridge. pp. 397-404.
- Harley, R. M. 1995. Introduction. In: B.L. Stannard (ed). *Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. pp. 1-42. Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido.
- IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). 2003. Contribuição do IBRAM para o zoneamento ecológico-econômico e o planejamento ambiental de municípios integrantes da APA-SUL RMBH, 322 p.
- Jacobi, C.M. & F.F. Carmo. 2008. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the Iron Quadrangle, a threatened Brazilian landscape. *Ambio* 37: 324-326.
- Jacobi, C.M., F.F. Carmo, R.C. Vincent & J.R. Stehmann. 2007. Plant communities on ironstone outcrops – a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 16: 2185-2200.
- Klein, C. & E.A. Ladeira. 2000. Geochemistry and petrology of some Proterozoic banded iron-formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology* 95: 405-428.
- Leme, M.C. & C.C. Paula. 2004. Two new species of Brazilian Bromeliaceae. *Vidalia* 2: 21-29.
- Mendonça, M.P. 2006. Coleta e cultivo das espécies vegetais dos campos ferruginosos: mina de minério de ferro Capão Xavier, Nova, Lima – MG. Relatório final de atividades, Fundação Zoológica de Belo Horizonte, Brasil. 30 pp. e anexos.
- Mendonça, M.P. & L.V. Lins. 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da Flora de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas e Fundação Zoológica de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brasil. 157 pp.
- Menezes, N.L. & A.M. Giulietti. 2000. Campos Rupestres. In: M.P. Mendonça & L.V. Lins (orgs.). Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da Flora de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas e Fundação Zoológica de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brasil. pp 65-73.
- Peron, M.V. 1989. Listagem preliminar da flora fanerogâmica dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi – Ouro Preto/Mariana, MG. *Rodriguésia* 67: 63-69.

- Pirani, J.R., A.M. Giuliatti, R. Mello-Silva & M. Meguro. 1994. Checklist and patterns of geographic distribution of the vegetation of Serra do Ambrósio, Minas Gerais, Brazil. *Revista brasileira de Botânica* 17: 133-147.
- Pirani, J.R., R. Mello-Silva & A.M. Giuliatti. 2003. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 21: 1-24.
- Pires, F.R.M. 2003. Distribution of hard hematite ore at the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil and its possible genetic significance. *Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B)* 112: 31-37.
- Porembski, S., W. Barthlott, S. Dörrstock & N. Biedinger. 1994. Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains, and ferricretes - remarks on species numbers and endemism. *Flora* 189: 315-326.
- Porto, M.L. & M.F.F. Silva. 1989. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais. *Acta botanica brasilica* 3: 13-21.
- Rapini, A., R. Mello-Silva & M.L. Kawasaki. 2002. Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil – a conservationist view. *Biodiversity and Conservation* 11: 1733-1746.
- Reeves, R.D. 2003. Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for phytoextraction. *Plant and Soil* 249: 57-65.
- Rizzini, C.T. 1997. *Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos Ecológicos, Sociológicos e Florísticos*. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, Brasil. 374 pp.
- Rosière, C.A. & F. Chemale. 2000. Brazilian iron formations and their geological setting. *Revista Brasileira de Geociências* 30: 274-278.
- Silva, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que se cresce sobre canga hematítica em Carajás-PA (Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Ser. Bot.* 7: 79-108.
- Silva, M.F.F., R.S. Secco & M.G. Lobo. 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amazônica* 26: 17-44.
- Simmons, G.C. 1963. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *The National Speleological Society Bulletin* 25: 66-72.
- Spier, C.A., S.M. Barros & C.A. Rosière. 2003. Geology and geochemistry of the Águas Claras and Pico Iron Mines, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Mineralium Deposita* 38: 751-774.
- Stehmann, J.R. & A.M. Oliveira. 2007. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais. *Rodriguésia* 58: 775-786.
- Taylor, N.P. & D.C. Zappi. 2004. *Cacti of Eastern Brazil*. Royal Botanical Gardens, Kew, Reino Unido. 499pp.
- Teixeira, W.A. & J.P. Lemos-Filho. 1998. Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. *Revista Árvore* 22: 381-388.
- Versieux, L.M. 2005. *Bromeliáceas de Minas Gerais: catálogo, distribuição geográfica e conservação*. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 234 pp.
- Viana, P.L. & J.A. Lombardi. 2007. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 58: 159-177.
- Vilela, R.A., R.J. Melo, T.A.V. Costa, L.E. Lagoeiro & C.A.C. Varajão. 2004. Petrografia do minério hematita compacta da Mina do Tamanduá (Quadrilátero Ferrífero, MG). *Revista da Escola de Minas de Ouro Preto* 57: 157-164.
- Vincent, R.C. 2004. Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Tese de doutorado, USP, São Paulo, Brasil. 145 pp.
- Whiting, S.N., R.D. Reeves & A.J.M. Baker. 2002. Conserving biodiversity: mining, metallophytes and land reclamation. *Mining Environmental Management* 10: 11-16.
- Whiting, S.N., R.D. Reeves, D. Richards, M.S. Johnson, J.A. Cooke, F. Malaisse, A. Paton, J.A.C. Smith., J.S. Angle, R.L. Chaney, R. Ginocchio, T. Jaffré, R. Johns, T. McIntyre, O. W. Purvis, D.E. Salt, F.J. Zhao & A.J.M. Baker. 2004. Research priorities for conservation of metallophyte biodiversity and their potential for restoration and site remediation. *Restoration Ecology* 12: 106-116.
- WWF International & IUCN. 1999. Metals from the forests. Mining and forest degradation. *Arborvitae (número especial)*: 1-40.

ANEXO – Lista das famílias de plantas vasculares (com número de gêneros e espécies) presentes em Campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG (Mendonça, 2006*; Stehmann & Oliveira, 2007; Jacobi *et al.* 2007*; Viana & Lombardi, 2007. **AMÇ** = Ameaçadas; **PRE** = Presumivelmente ameaçadas (Mendonça & Lins, 2000).

Família	Gêneros	Espécies	N° ESPÉCIES	
			AMÇ	PRE
Pteridófitas*				
Aspleniaceae	1	1		
Blechnaceae	1	3		
Cyatheaceae	1	2		
Davalliaceae	1	1		
Dryopteridaceae	1	1		
Grammitidaceae	1	1		
Hymenophyllaceae	1	1		
Lomariopsidaceae	1	1		
Lycopodiaceae	2	2		
Polypodiaceae	4	5		
Pteridaceae	2	3		
Magnoliídeas				
Annonaceae	1	2	2	
Aristolochiaceae	1	1		
Lauraceae	2	4	2	1
Piperaceae	1	3		
Monocotiledôneas				
Alstroemeriaceae	1	1		
Amaryllidaceae	2	2		
Araceae	2	4		
Bromeliaceae	6	13		2
Commelinaceae	2	2		
Cyperaceae	7	13		
Dioscoreaceae	1	1		
Eriocaulaceae	2	2		
Iridaceae	2	3		
Juncaceae	1	1		
Orchidaceae	16	28	1	2
Poaceae	14	30		
Smilacaceae	1	2		
Velloziaceae	2	11		
Xyridaceae	1	1		
Eudicotiledôneas				
Acanthaceae	3	3		
Anacardiaceae	1	1		
Apiaceae	1	2		
Apocynaceae	8	13	2	
Aquifoliaceae	1	2		
Araliaceae	1	2		
Asteraceae	32	59	7	9
Begoniaceae	1	2		
Bignoniaceae	3	3		
Boraginaceae	1	1		
Cactaceae	1	1	1	
Celastraceae	1	1		

Família	Gêneros	Espécies	N° ESPÉCIES	
			AMÇ	PRE
Campanulaceae	2	2		
Clusiaceae	2	2		
Convolvulaceae	4	7		
Cunoniaceae	1	1		
Ericaceae	2	3		
Erythroxylaceae	1	3		
Euphorbiaceae	5	10		
Fabaceae	12	18		
Gentianaceae	1	1		
Gesneriaceae	3	4	2	1
Humiriaceae	1	1		
Hypericaceae	1	4		
Lamiaceae	4	9		
Loganiaceae	1	2		
Loranthaceae	2	2		
Lythraceae	3	5		
Malpighiaceae	5	10		
Malvaceae	4	5		
Melastomataceae	8	23		
Meliaceae	1	1		
Moraceae	1	1		
Myrsinaceae	1	3		
Myrtaceae	10	28		
Nyctaginaceae	1	3		
Ochnaceae	1	1		
Olaceae	1	1		
Onagraceae	1	1		
Orobanchaceae	1	1		
Passifloraceae	1	5		
Phyllanthaceae	1	3		
Phytolaccaceae	1	1		
Polygalaceae	1	1		
Polygonaceae	1	2		1
Portulaccaceae	1	2		
Rosaceae	1	1		
Rubiaceae	10	16		
Salicaceae	2	3		
Santalaceae	1	1		
Sapindaceae	3	5		
Solanaceae	6	17	1	
Verbenaceae	3	10		
Violaceae	1	1		
Vitaceae	1	2		
Vochysiaceae	1	1		
Famílias	86	250	458	18
			18	16