

**MARÍLIA BRAZ DE CARVALHO MENEZES**

**CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA OCORRÊNCIA DE DUAS  
VELLOZIACEAES ENDÊMICAS DOS CAMPOS RUPESTRES DA BORDA  
LESTE DA CADEIA DO ESPINHAÇO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Liovando Marciano da Costa

Coorientador: Raphael Bragança Alves  
Fernandes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M543c  
2020  
Menezes, Marília Braz de Carvalho, 1987-  
Características ambientais da ocorrência de duas  
velloziaceaes endêmicas dos campos rupestres da borda leste da  
cadeia do Espinhaço. / Marília Braz de Carvalho Menezes. –  
Viçosa, MG, 2020.  
116 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Liovando Marciano da Costa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Plantas rupícolas - Espinhaço, Serra do (MG e BA).
  2. Plantas e solo. 3. Comunidades vegetais - Estudo de caso.
- I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.  
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.  
II. Título.

CDD 22. ed. 631.43

**MARÍLIA BRAZ DE CARVALHO MENEZES**

**CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA OCORRÊNCIA DE DUAS  
VELLOZIACEAES ENDÊMICAS DOS CAMPOS RUPESTRES DA BORDA  
LESTE DA CADEIA DO ESPINHAÇO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

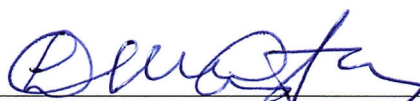
APROVADA: 16 de dezembro de 2020.

Assentimento:



---

Marília Braz de Carvalho Menezes  
Autora



---

Liovando Marciano da Costa  
Orientador

A Deus, Criador e Sustentador de tudo

Ao meu esposo Lucas

Aos meus filhos Daniel e Simeão

Aos meus pais do coração Anderson e Selma

A minha mãe Mariza (in memoriam)

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, criador e sustentador de todas as coisas que graciosamente tem me guiado em segurança e paz.

A minha mãe Mariza (*in memoriam*) por me incentivar com todas as suas forças enquanto pôde. Aos meus pais do coração, Anderson e Selma, pelo acolhimento, inspiração e apoio nos estudos e muito além.

Ao meu esposo Lucas, pela paciência e cuidado com meu bem estar físico, emocional e espiritual em todos os momentos e em especial neste período.

Aos meus filhos Daniel (2 anos) e Simeão (8 meses de gestação na barriga da mamãe).

Ao professor Liovando Marciano da Costa, pela orientação e ensinamentos transmitidos com leveza e encorajamento, eles não cabem nas páginas deste trabalho.

Ao professor Raphael, pela atenção e ajuda prestadas para a realização deste trabalho.

À Elizabeth Neire, da Agroflor Engenharia, pela oportunidade e confiança em trabalhar neste projeto.

Aos amigos da Agroflor, pela ajuda na coleta e processamento dos dados e, também, pela grande amizade, em especial: Luana Caló, Ricardo Ramos e Élen Menez.

Ao Wagner pela amizade, apoio na estatística e nas revisões e à Wiane por ler e comentar com tanto cuidado algumas partes deste trabalho.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos pela rica oportunidade de me capacitar.

Ao CNPq e CAPES, pelo apoio e fomento à pesquisa.

Ao contribuinte brasileiro, pelo financiamento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

MARÍLIA BRAZ DE CARVALHO MENEZES, filha de Antônio Adão de Carvalho e Mariza Helena Braz de Carvalho, nasceu no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, em 21 de setembro de 1987.

Em fevereiro de 2005, ingressou no ensino médio, no Colégio de Aplicação (COLUNI) da Universidade Federal de Viçosa, concluindo o curso em dezembro de 2007.

Em março de 2009, ingressou no Curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), graduando-se em dezembro de 2014.

Em março de 2015, ingressou no Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de Magister Scientiae em julho de 2016.

Em agosto de 2016, ingressou no Curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de Doctor Scientiae em dezembro de 2020.

## RESUMO

MENEZES, Marília Braz de Carvalho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2020. **Características ambientais da ocorrência de duas Velloziaceae endêmicas dos campos rupestres da borda leste da Cadeia do Espinhaço.** Orientador: Liovando Marciano da Costa. Coorientador: Raphael Bragança Alves Fernandes.

Os campos rupestres correspondem a fitofisionomia vegetal aberta dominante nas partes altas da Cordilheira do Espinhaço com uma das floras mais especialistas e endêmicas dos trópicos e do mundo. Trata-se de uma vegetação com ampla variedade de comunidades vegetais adaptadas à heterogeneidade da paisagem montanhosa em diferentes microambientes. O objetivo deste trabalho foi estudar o ambiente (solo e topografia), a composição das comunidades, a cobertura e a dinâmica de desenvolvimento de duas Velloziaceae endêmicas dos campos rupestres da borda Leste do Espinhaço (*Barbacenia delicatula* LBSm. & Ayensu. and *Vellozia ramosissima* LB.Sm.). A coleta de dados foi baseada na amostragem de parcelas de 20x50m em áreas de ocorrência natural das espécies. Nas parcelas, os indivíduos de todas as espécies foram identificados e contados. Amostras de solos foram coletados e analisados química e texturalmente. Os solos são muito arenosos, com acidez altíssima e de caráter eletronegativo. Maior teor de bases trocáveis e porcentagem de areia fina correlacionaram-se positivamente com maior número de indivíduos de *B. delicatula*. Por outro lado, maior teor de Cr e Cd e maior porosidade total correlacionaram-se negativamente com a presença da espécie. A maior riqueza de espécies associada a *B. delicatula* está relacionada a um maior ângulo de exposição da vertente e maior teor de K, mas o oposto ocorre quando há aumento do pH em KCl. Além disso, a riqueza de espécies nas parcelas aumenta com a altitude. Nas parcelas de estudo de *B. delicatula* 17.954 indivíduos de 87 espécies (31 endêmicas) foram encontrados. Das 10 espécies com maior valor de importância (VI) apenas três não são endêmicas do Brasil. A diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), a dominância de Simpson ( $C$ ), a equabilidade de Pielou ( $J'$ ) e a similaridade florística entre as parcelas pelo método de Sorensen (SO) foram 2,98, 0,92, 0,67, 0,47, respectivamente. A porcentagem de cobertura média de *B. delicatula* na área amostral foi de 0,7902 %. Em um terço das comparações feitas a similaridade foi superior a 50 % demonstrando tendência de algumas espécies coabitarem com *B. delicatula*. No entanto, a baixa dominância de espécies verificada para o conjunto de dados indica uma grande variação

entre as espécies que não são comuns. Nas parcelas de estudo de *V. ramosissima* 16.961 indivíduos de 90 espécies (65 endêmicas). Na avaliação de *V. ramosissima* nas subparcelas foram encontrados 999 indivíduos, 490 adultos, 422 juvenis e 87 plântulas. A variação do número de indivíduos verificada entre as duas medições foi de 144 indivíduos, com o decréscimo de 64 adultos e o acréscimo de 182 juvenis e 29 plântulas. Em sete das 12 parcelas o número de adultos é maior em relação aos demais estágios. A variação do número de indivíduos entre as duas medições denota perda no potencial reprodutivo das populações no intervalo de um ano e a renovação das populações pois um número considerável de plântulas e indivíduos jovens foram adicionados. Este estudo é um passo importante para um melhor entendimento do meio ambiente e das comunidades associadas a essas duas espécies endêmicas de Velloziaceae (uma das quais está ameaçada de extinção) nos campos rupestres brasileiros. Os resultados podem auxiliar na proteção desses tipos de habitat e fornecer uma visão sobre a conservação contínua de espécies de plantas endêmicas, servindo como um modelo para estudos futuros de comunidades de plantas em campos rupestres.

Palavras-chave: Campos rupestres. Relação solo-vegetação. Estudo de comunidades. Ambientes climax.

## ABSTRACT

MENEZES, Marília Braz de Carvalho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2020. **Environmental characteristics of the occurrence of two endemic Velloziaceae from the rupestrian grasslands on the eastern edge of the Espinhaço Range.** Advisor: Liovando Marciano da Costa. Co-advisor: Raphael Bragança Alves Fernandes.

The rupestrian grasslands correspond to the open vegetal phytophysiology dominant in the high parts of the Cordillera do Espinhaço with one of the most specialized and endemic floras of the tropics and the world. It is a vegetation with a wide variety of plant communities adapted to the heterogeneity of the mountainous landscape in different microenvironments. The objective of this work is to study the environment (soil and topography), the composition of the communities, the coverage and development dynamics of two endemic Velloziaceae in the rupestrian grasslands on the eastern edge of Espinhaço (*Barbacenia delicatula* LBSm. & Ayensu. and *Vellozia ramosissima* LB. Sm.). Data collection was based on sampling plots of 20 x 50 m in areas of natural occurrence of the species. In the plots, individuals of all species were identified and counted and the soils were collected (to perform chemical analysis and particle size analysis). The sampled soils are very sandy with very high acidity and an electronegative character. Higher content of exchangeable bases and percentage of fine sand were positively correlated with a greater number of *B. delicatula*, while higher Cr and Cd content and total porosity were negatively correlated with this species. The richness of species associated with *B. delicatula* is related to a greater slope and a higher K content, but the opposite occurs when there is an increase in pH in KCl. In addition, the species richness in the plots increases with altitude. In the study plots of *B. delicatula* 17,954 individuals of 87 species were found (31 endemic). Of the 10 species with the highest importance value (VI), only three are not endemic to Brazil. Shannon-Wiener diversity (H'), Simpson's dominance (C), Pielou's equability (J') and the floristic similarity between the plots by the Sorensen method (SO) were 2.98, 0.92, 0.67, 0.47, respectively. The percentage of average coverage of *B. delicatula* in the sample area was 0.7902%. In a third of the comparisons made, similarity was higher than 50%, showing a tendency for some species to cohabit with *B. delicatula*, however, the low species dominance observed for the data set indicates a great variation among species that are not common. In the

study plots of *V. ramosissima* 16,961 individuals of 90 species (65 endemic). In the evaluation of *V. ramosissima* in the subplots, 999 individuals, 490 adults, 422 juveniles and 87 seedlings were found. The variation in the number of individuals verified between the two measurements was 144 individuals, with a decrease of 64 adults and an increase of 182 juveniles and 29 seedlings. In seven of the 12 plots, the number of adults is greater in relation to the other stages. The variation in the number of individuals between the two measurements denotes loss in the reproductive potential of populations in the interval of one year and the renewal of populations as a considerable number of seedlings and young individuals were added. This study is an important step towards a better understanding of the environment and the communities associated with these two endemic species of Velloziaceae (one of which is threatened with extinction) in Brazilian rock fields. The results can assist in the protection of these habitat types and provide insight into the ongoing conservation of endemic plant species, serving as a model for future studies of plant communities in rupestrian grasslands.

Keywords: Rupestrian grasslands. Soil-vegetation relationship. Study of communities. Climax environments

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS GERAIS .....</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>15</b>
<b>ARTIGO I – SUBMETIDO .....</b>	<b>17</b>
<b>ENDEMIC VELLOZIACEAE MEMBERS IN RUPESTRAN GRASSLANDS</b>	<b>17</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>19</b>
<b>2. METHODS.....</b>	<b>22</b>
<b>3. RESULTS .....</b>	<b>24</b>
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>31</b>
<b>5. REFERENCES .....</b>	<b>35</b>
<b>6. SUPPLEMENTARY TABLE.....</b>	<b>41</b>
<b>ARTIGO II – PROPOSTO .....</b>	<b>50</b>
<b>COMUNIDADE VEGETAL E ANÁLISE DA COBERTURA DE SOLO DE <i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. &amp; Ayensu., VELLOZIACEAE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES DO ESPINHAÇO, BRASIL .....</b>	<b>50</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>2. MÉTODOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>69</b>
<b>7. MATERIAL SUPLEMENTAR.....</b>	<b>74</b>
<b>ARTIGO III – PROPOSTO.....</b>	<b>84</b>
<b>COMUNIDADE VEGETAL E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE <i>Vellozia</i> <i>ramosissima</i> L.B.Sm., VELLOZIACEAE ENDÊMICA DOS CAMPOS</b>	

<b>RUPESTRES DA SERRA DO ESPINHAÇO, BRASIL.....</b>	<b>84</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>2. MÉTODOS.....</b>	<b>88</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>94</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>99</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>102</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>
<b>7. MATERIAL SUPLEMENTAR.....</b>	<b>107</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>115</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

As demandas por matérias primas para a produção de bens de consumo são necessárias para dar suporte ao desenvolvimento da sociedade, porém, muitas vezes estão associadas a impactos negativos no meio ambiente (RESENDE; PINTO, 2013).

No Brasil, a pauta dos bens minerais exportados atingiu, em 2018, um volume de 409 milhões de toneladas e representou, em dólares, 29,9 bilhões, 1,7% do produto interno bruto. Sendo os principais produtos exportados: minério de ferro (68%), ouro (9%), ferronióbio (7%), cobre (9%), bauxita, manganês, pedras naturais e de revestimentos e caulim (IBRAM, 2019).

O aumento do consumo de bens minerais, sobretudo o minério de ferro, impulsiona a abertura de novos locais para a lavra. A Serra do Espinhaço é um destes alvos, sendo a cidade de Conceição do Mato Dentro um dos novos focos das explorações, sediando uma das maiores iniciativas minerárias no território brasileiro (VASCONCELOS *et al.*, 2014).

Na maioria das localidades de altitudes elevadas da Serra do Espinhaço são encontrados os campos rupestres (VASCONCELOS, 2011), vegetação herbáceo-arbustiva associada a afloramentos rochosos em locais de altitudes superiores a 900 m e ocasionalmente a partir de 700 metros (RIZZINI, 1979; RIBEIRO; WALTER, 2008).

Os campos rupestres predominantes na Cadeia do Espinhaço estão associados a afloramentos de quartzito (HARLEY, 1995). Já os campos rupestres ferruginosos apresentam associação com rochas cenozoicas, ocorrendo principalmente no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais (MOURÃO; STEHMANN, 2007). Em menor dimensão, existem ainda os campos rupestres sobre substrato gnáissico-granítico localizados na Serra da Jibóia, no Leste da Bahia (QUEIROZ *et al.*, 1996).

Estes ambientes apresentam notável heterogeneidade fitofisionômica, condicionadas por diferentes fatores edafoclimáticos como: nível de fragmentação da rocha, natureza do substrato, topografia, profundidade do solo e microclima (GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997; CONCEIÇÃO; GIULIETTI, 2002; JACOBI *et al.*, 2007). A vegetação resultante é muito variável e são observados mosaicos fitofisionômicos incluindo matas de galeria, “capões” de mata, Floresta Estacional Semidecidual, campos,

vegetação rupícola sobre canga, áreas úmidas e brejosas, Cerrado, Caatinga, além de extensos ecótonos entre essas formações (GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997; SPÓSITO; STEHMANN, 2006; VIANA; LOMBARDI, 2007; JACOBI *et al.*, 2007). Trata-se de um complexo, onde formações campestres e florestais se conectam formando diferentes ambientes (EITEN, 1977). Destacando-se as famílias Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae, que juntas agrupam cerca de 90% das espécies endêmicas destes complexos (GIULIETTI *et al.*, 2005; GIULIETTI *et al.*, 1987; MESSIAS *et al.*, 2013).

A grande diferenciação florística entre as comunidades de campos rupestres, muitas vezes a poucos quilômetros ou até mesmo metros de distância (MEIRELLES *et al.*, 1999; MESSIAS *et al.*, 2013) faz com que muitas espécies, com o avanço das intervenções, possam ser ou estar sendo extintas antes mesmo de serem conhecidas. Há muitas lacunas a serem preenchidas nos estudos desses ambientes e algumas controvérsias na fundamentação legal para sua proteção. Assim, o conhecimento da relação entre este ambiente extremo e as ocorrências de plantas endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção (Capítulo I), bem como a composição das comunidades das quais fazem parte (Capítulo II e III) e da dinâmica de desenvolvimento dos seus indivíduos (Capítulo III), pode ser a chave para prever sua ocorrência e desenvolver estratégias para sua conservação e/ou restauração de seu habitat, evitando assim sua extinção.

## **OBJETIVOS GERAIS**

Dessa forma, são objetivos do presente trabalho realizar estudos do ambiente (solo e topografia), da composição das comunidades e da cobertura e dinâmica de desenvolvimento de duas velloziaceae endêmicas dos campos rupestres da borda Leste do Espinhaço, fornecendo uma visão sobre a conservação contínua das duas espécies e servindo como um modelo para estudos futuros de comunidades de plantas em campos rupestres.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Examinar como as condições de solo e de topografia se correlacionam com a riqueza da comunidade e a abundância de duas espécies endêmicas de Velloziaceae (*Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu. e *Vellozia ramosissima* L.B.Sm.) dos campos rupestres brasileiros.
- Realizar a análise fitossociológica da comunidade vegetal associada à *Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu., espécie endêmica e ameaçada dos campos rupestres brasileiros, e do estudo do percentual de cobertura de solo de amostras de populações da espécie.
- Análisar a fitossociologia da comunidade vegetal associada à *Vellozia ramosissima* L.B.Sm., espécie endêmica dos campos rupestres brasileiros, e estudo da dinâmica de desenvolvimento de amostras de populações da espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platos no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 37-48, 2002.

EITEN, G. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 125-124, 1997.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 52-61, jul. 2005.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço range region eastern Brazil. *In*: DAVIS, S. D. (ed.) *et al.* **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. Cambridge: World Wide Fund for Nature/World Conservation, 1997. p. 397-404.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 9, p. 1-151, 1987. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v9i0p1-151.

HARLEY, R. M. Introduction. *In*: STANNARD, B. L.; HARVEY, Y. B.; HARLEY, R. M. (ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina – Bahia, Brazil**. [S. l.]: Royal Botanic Gardens, Kew, 1995. p. 1-42.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório anual do Instituto Brasileiro de Mineração**: julho de 2018 a junho de 2019. Brasília, DF: IBRAM, 2019. 49 p. Disponível em: <https://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2019/07/relatorio-anual-2018-2019.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

JACOBI C. M. *et al.* Plant communities on the ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2185-2200, 2007. DOI 10.1007/s10531-007-9156-8.

MEIRELLES, S. T.; PIVELLO, V. R.; JOLY, C. A. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 26, n. 1, p. 10-20, 1999. Disponível em: [http://www.inot.org.br/artigo/Meireles\\_etal\\_1999\\_The\\_vegetation\\_of\\_granite\\_rock\\_outcrops\\_in\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_Brazil\\_and\\_the\\_need\\_for\\_its\\_protection.pdf](http://www.inot.org.br/artigo/Meireles_etal_1999_The_vegetation_of_granite_rock_outcrops_in_Rio_de_Janeiro_Brazil_and_the_need_for_its_protection.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Soil-vegetation relationship in quartzitic and ferruginous Brazilian rocky outcrops. **Folia Geobot**, v. 48, p. 509-521, 2013. DOI 10.1007/s12224-013-9154-4.

MOURÃO, A.; STEHMANN, J. R. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 4, p. 775-786, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rod/v58n4/2175-7860-rod-58-04-0775.pdf>. Acesso em: 20 mar.

2020.

QUEIROZ, L. P. de; SENA, T. S. N.; COSTA, M. J. S. L. Flora vascular da Serra da Jibóia, Santa Terezinha-Bahia. I: O Campo Rupestre. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 15, p. 27-40, 1996. Disponível em: [http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/15/flora\\_vascular\\_da\\_serra\\_da\\_jiboia.pdf](http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/15/flora_vascular_da_serra_da_jiboia.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

RESENDE, L. A. de; PINTO, L. V. A. Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 37-48, abr. 2013. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/438/458>. Acesso em: 20 mar. 2020.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 2008. p. 151-199.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1997.

SPÓSITO, T. C.; STEHMANN, J. R. Heterogeneidade florística e estrutural de remanescentes florestais da área de proteção ambiental ao sul da região metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 347-362, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abb/v20n2/a10v20n2.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do leste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84042011000200012](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042011000200012). Acesso em: 20 mar. 2020.

VASCONCELOS, V. V. Campos de altitude, campos rupestres e aplicação da lei da mata atlântica: estudo prospectivo para o estado de Minas Gerais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 110-133, dez. 2014. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/18624>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 159-177, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-78602007000100157&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-78602007000100157&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 20 mar. 2020.

**ARTIGO I – SUBMETIDO**

**ENDEMIC VELLOZIACEAES MEMBERS IN RUPESTRIAN GRASSLANDS**

## RESUMO

This study aimed to elucidate how soil and topographic variables influence floristic abundance and diversity in environments where two endemic species of Velloziaceae (*Barbacenia delicatula* LBSm. & Ayensu. and *Vellozia ramosissima* LB.Sm.) occur. Nineteen 1000 m<sup>2</sup> plots were established in natural areas of rupestrian grasslands intended for preservation in compliance with Brazilian environmental legislation. The species were identified and quantified, and soils were collected and chemically and texturally analyzed. The variables were subjected to principal component analysis (PCA) and Pearson correlation analysis to test the association between species richness (Riq\_esp) and the number of individuals of the two species (Num\_ind). The sampled soils had a high proportion of sand, very high acidity, and an electronegative trait. A higher content of interchangeable bases and percentage of fine sand were positively correlated with a greater number of *B. delicatula* individuals, whereas higher Cr and Cd content and total porosity were negatively correlated with this species. The higher species richness associated with *B. delicatula* is related to a higher angle of exposure and higher K content, but the opposite occurs when there is an increase in pH in KCl. Furthermore, the richness of the species associated with the two Velloziaceae species increases with altitude. This collaborative study provides insight into the continued conservation of threatened endemic plant species and serves as a model for future studies of plant communities in rupestrian grasslands.

**Keywords:** analysis of main components, biodiversity, endemic plants, mountain vegetation, natural vegetation, vegetation soil relationship

## 1. INTRODUCTION

High biodiversity and species endemism are closely related to a high degree of complexity in topographic, climatic, and geological conditions (ELLENBERG, 2009). Intrinsic soil characteristics contribute more to the high turnover of species on a small spatial scale than above-ground characteristics (ABRAHÃO *et al.*, 2018). In addition, in the same elevation zone, environmental conditions related to relief, such as topography and slope, and to the soil, such as type, texture, fertility, and structure, can affect the composition of plant communities (HOLLAND; STEYN, 1975; RAMSAY; OXLEY, 1997).

The vegetation that develops on quartzite, iron (itabirite or ferruginous), and sandstone formations at high elevations is known as rupestrian grassland (FERNANDES, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016). This vegetation occurs in areas with extreme climatic and edaphic conditions (azonal vegetation) but is influenced more by specific edaphic factors than climatic factors (SURINA, 2014; MUCINA, 2018). The rocky pastures are home to more than 5,000 species of vascular plants in a small area (CAMARGO *et al.*, 2019) surrounded by two global hotspots, the Atlantic Forest to the southeast and the Cerrado to the west, and to the north by an important Brazilian biome, the Caatinga (HUGHES *et al.*, 2013).

Rupestrian grassland vegetation consists of a wide variety of plant communities adapted to the heterogeneity of the mountain landscape at different microenvironments, with varying levels of tolerance to environmental restrictions, such as water availability, temperature, wind exposure, and soil-related factors, such as depth, texture, and nutrient availability (NEGREIROS *et al.*, 2014; FERNANDES, 2016).

The Brazilian rupestrian grasslands are mainly located on the rocky outcrops of the central and eastern regions (BARBOSA; FERNANDES; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2015). Most rupestrian grasslands occur along the Espinhaço strip, a Proterozoic quartzite formation, with slow-weathering parent material (EITEN, 1983). Active erosion due to the mountainous or rugged relief make it even more difficult for the formation of deeper soils (OLIVEIRA *et al.* 2015).

Rupestrian grasslands are colonized by plants adapted to oligotrophic

environments. These plants are capable of tolerating many limiting environmental factors, such as substrate scarcity, high temperature variation, low soil fertility, a high concentration of available iron, low soil-water storage capacity, frequent incidence of fire, high wind speeds, and constant exposure to the sun (BENITES *et al.*, 2007; JACOBI *et al.*, 2007; FERNANDES, 2016; FIGUEIRA *et al.*, 2016; HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016; SCHAEFER *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016; MUCINA, 2018).

Owing to the high floristic richness of rupestrian grasslands and persistence of ancient lineages under constant diversification, this vegetation is the third oldest climatically buffered infertile landscape (*OCBIL*) in terms of plant richness (HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016). A growing number of new species are being discovered as the flora of these environments is studied (SALAS *et al.*, 2015).

Due to the source material, local topography, and intense erosive processes, soils of rupestrian grasslands are generally underdeveloped and poor in nutrients, and, as a result, their properties are largely acidic (OLIVEIRA *et al.* 2015; SILVEIRA *et al.*, 2016).

Plants reduce their demand for nutrients in nutritionally poor habitats through slow growth (MANZONI *et al.*, 2017), the establishment of long-lasting organs (REICH, 2014), high nutrient use efficiency (VENEKLAAS *et al.*, 2012; ABRAHÃO *et al.*, 2018) or remobilization of nutrients from senescent organs with low losses (KILLINGBECK, 1996; KOBE; LEPCZYK; IYER, 2005; HAYES *et al.*, 2014).

There have been few studies on this habitat and its flora, especially endemic plant species. This study contributes to the literature by filling gaps in the knowledge about the flora of rupestrian grasslands, their endemic species, and the factors influencing their presence, abundance, and diversity. This information could be highly valuable for plant conservation, especially of species found in this understudied habitat.

The proportion of endemics within rupestrian grassland families can be considerable (GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997; CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016) and Velloziaceae is one of the families where endemism is most concentrated (MESSIAS *et al.*, 2011). Members of Velloziaceae are also some of the most dominant plants in terms of coverage in rupestrian grasslands (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016).

Velloziaceae comprises approximately 260 species divided into five genera,

*Acanthochlamys* P.C.Kao, *Barbacenia* Vand., *Barbaceniopsis* L.B.Sm., *Vellozia* Vand., and *Xerophyta* Juss. (MELLO-SILVA *et al.*, 2011). Endemism rates are 70% for Velloziaceae in the mining portion of the Espinhaço Mountains (MELLO-SILVA, 2009). In Brazil, there are two genera, *Barbacenia* and *Vellozia*, with a total of 221 species (MELLO-SILVA, 2018).

The list of endangered species of Brazilian flora includes 11 species of the genus *Barbacenia*, five “critically endangered” (CR) and six “endangered” (EN) (BRASIL, 2014a; BRASIL, 2014b; BRASIL, 2014c). *Barbacenia delicatula* L.B.Sm. and Ayensu. belong to the latter group. *Barbacenia* is a small herbaceous group with caespitosus growth, which launches new shoots in a clustered manner forming a clump without forming stolons (BRASIL, 2012). The dispersion of *Barbacenia* is barochoric, and its diaspores do not have accessories for radial distribution; that is, individuals occur in groups, they are not isolated (MARTINELLI; MORAES, 2013).

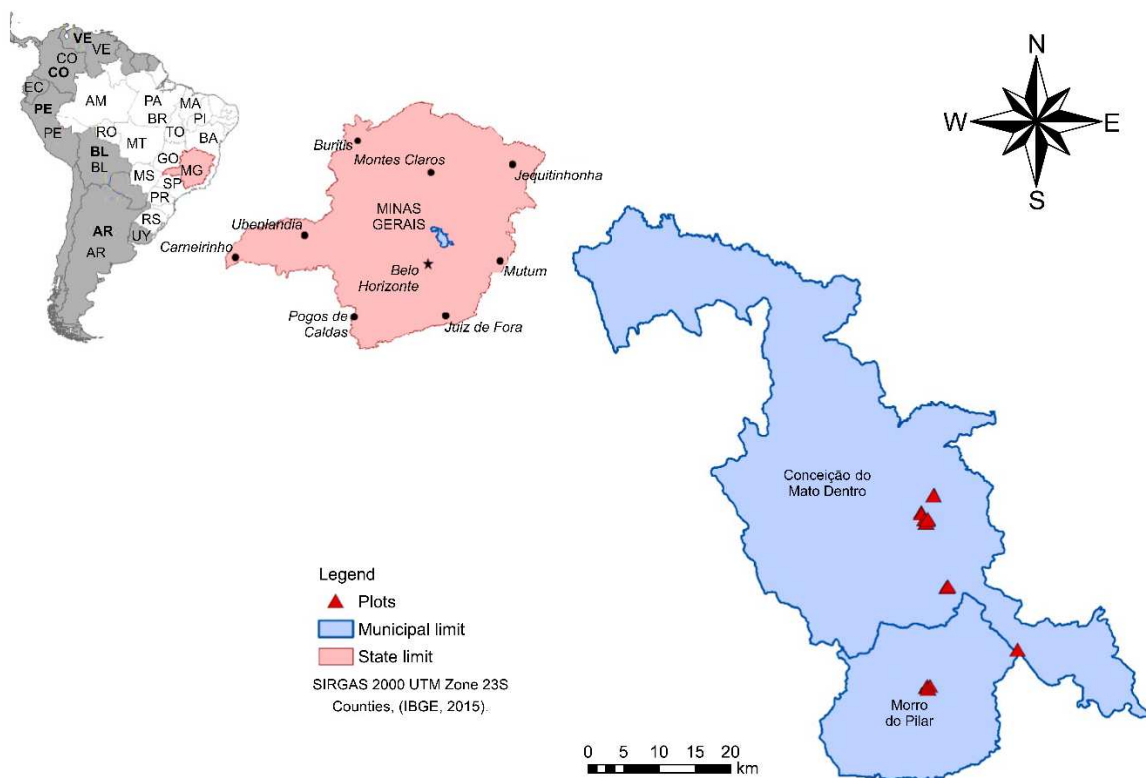
The genus *Vellozia* Vand. (Velloziaceae), which includes the species *Vellozia ramosissima* L.B.Sm. is included, has a predominantly neotropical distribution, with its center of diversity in the rupestrian grasslands of the Espinhaço Mountains, on both quartzite and ferruginous rocks (MELLO-SILVA, 1996). Species of the genus *Vellozia*, known in Brazil as *Canelas-de-ema* or *Candombás* (MIRANDA, 2012), have a rupicultural habit and morphophysiological adaptations (RAPINI *et al.*, 2008), which allow their establishment and survival in these restricted environments, despite wide temperature variations, low soil fertility, and water stress (MENEZES, 1984). These species are susceptible to extinction, mainly due to human action, because they are represented by small, restricted populations (MENEZES; GIULIETTI, 2000).

Knowledge of the relationship between endemic, rare or threatened plants and the environment in which they grow, as well the composition of the communities of which they are part may be the key to predicting their occurrence and developing strategies for their conservation or restoration of their habitat, thereby, preventing their extinction. This study aimed to examine how soil and topographic conditions correlate with species richness and abundance in Brazilian rupestrian grasslands where the two endemic Velloziaceae species (*Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu. and *Vellozia ramosissima* L.B.Sm.) occur.

## 2. METHODS

### 2.1. Study area and species focus

The study was conducted between the municipalities of Conceição do Mato Dentro and Morro do Pilar, located in the central region of Minas Gerais on the eastern edge of the Espinhaço Mountains, in a warm subtropical climate range, with diverse microclimates related to topographic factors (Figure 1). The region divides the basins of the São Francisco and Doce rivers and has an average annual temperature of approximately 18 °C with annual precipitation varying between 850 and 1400 mm.



**Figure 1** - Location of the sample plots in the municipalities of Conceição do Mato Dentro and Morro do Pilar, in the central region of Minas Gerais, on the eastern edge of Espinhaço Meridional Mountains. Red dots indicate the location of the plots.

### 2.2 Data collection

During 2017–2018, nineteen plots of 1000 m<sup>2</sup> each (20 m × 50 m) were established in naturally occurring areas of two Velloziaceae species, *B. delicatula* and *V. ramosissima*, from a species occurrence study using data from pre-existing inventories or

surveying the areas on foot (unpublished study). The primary criteria in choosing the location for the plots were ease of access and the fact that they were conservation areas for environmental compensation. These areas are intended for environmental preservation as compensation for human intervention in other areas with similar vegetation, which is a way of complying with Brazilian environmental legislation.

The plots were subdivided into 10 sectors of 100 m<sup>2</sup> in order to facilitate surveying, identifying and quantifying plant individuals. All individuals of all species were identified and counted. For species with clonal reproduction (some orchids, Poaceae, and Cyperaceae) each isolated clump was considered as one individual. The geographical coordinates were recorded, and the altitude, average slope, and exposure face of each plot was measured using the Aspect tool (3D Analyst) of the ArcGis software (ESRI, Inc.). A botanist carried out the identification of vascular plant species within the plot.

Soil samples were performed at points of shallow depth, usually less than 10 cm. A composite sample was formed from 10 simple samples in each plot. Soil samples were identified and packaged in labeled plastic bags and sent in triplicate to the Laboratory of the Department of Soils of the Federal University of Viçosa. The samples were dried and sieved (<2 mm) and chemical and texture analyses were performed according to the EMBRAPA protocol (2017). The following features were evaluated: pH of water (pH), pH in KCl 1 mol/L, potential acidity (H<sup>+</sup>Al), exchangeable aluminum (Al<sup>3+</sup>), exchangeable bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>), available potassium (K<sup>+</sup>), phosphorus (P-Mehlich), remaining phosphorus (P<sub>rem</sub>), nitrogen, effective cation exchange capacity (t), total cation exchange capacity (T), sum of bases (SB), base saturation (V%), aluminum saturation (m%), organic matter (MO), micronutrients and heavy metals (Cu, Mn, Fe, Zn, Cr, Ni, Cd, and Pb), and the percentages of sand (fine and coarse), silt, and clay.

### 2.3 Statistical analyses

The spatial variables and the physicochemical properties of the soil were subjected to Principal Component Analysis (PCA) in order to investigate their relative contribution in areas where *B. delicatula* and *V. ramosissima* species are naturally present. Pearson's correlation analysis was performed to test the association between species richness

(Riq\_esp), the number of individuals of the two species (Num\_ind), and soil and spatial variables. The analyses were performed using R software (version 3.1.3), associated with Stats and Factoextra packages (R Development Core Team 2016).

### 3. RESULTS

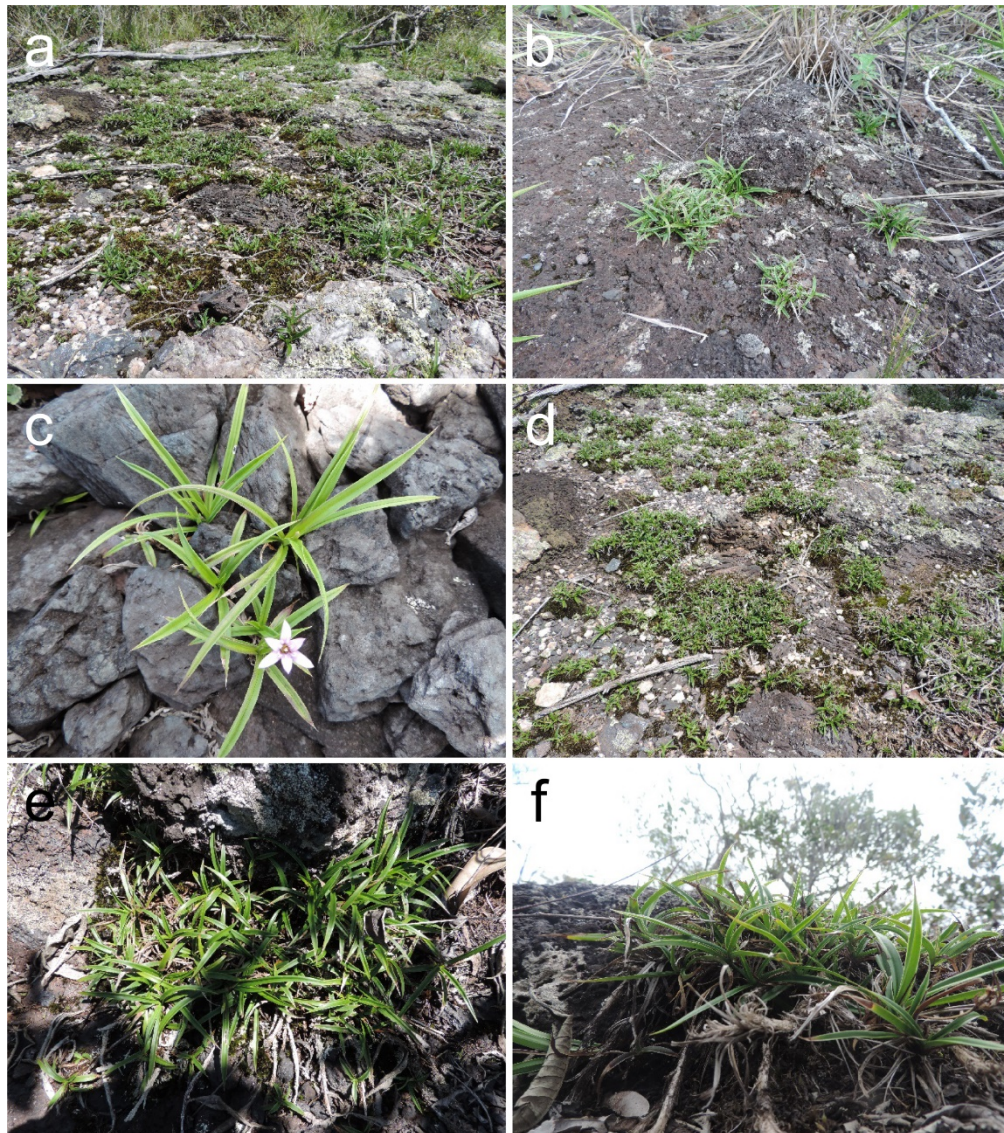
#### 3.1 Composition of the communities

Twenty-six plant species were recorded on average at each plot. In the 19 plots (total sample area: 1.9 ha), 28,246 individuals of 101 species were found, including 41 families (Supplementary Table 1). The most abundant families were Fabaceae (9 species), Velloziaceae (9), Melastomataceae (6), Malpighiaceae (5) and Myrtaceae (5). The most abundant species were *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (2,217), a non-endemic Fabaceae with a wide distribution throughout Brazil (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2020a), and two Velloziaceae species, *Vellozia minima* Pohl (1,765) and *Vellozia* sp. (2,154), not identified at the species level.

The plots were placed in areas where *B. delicatula* (2,136 individuals) and *V. ramosissima* (4,706) were known to occur. Thus, these areas had a high number of both species.

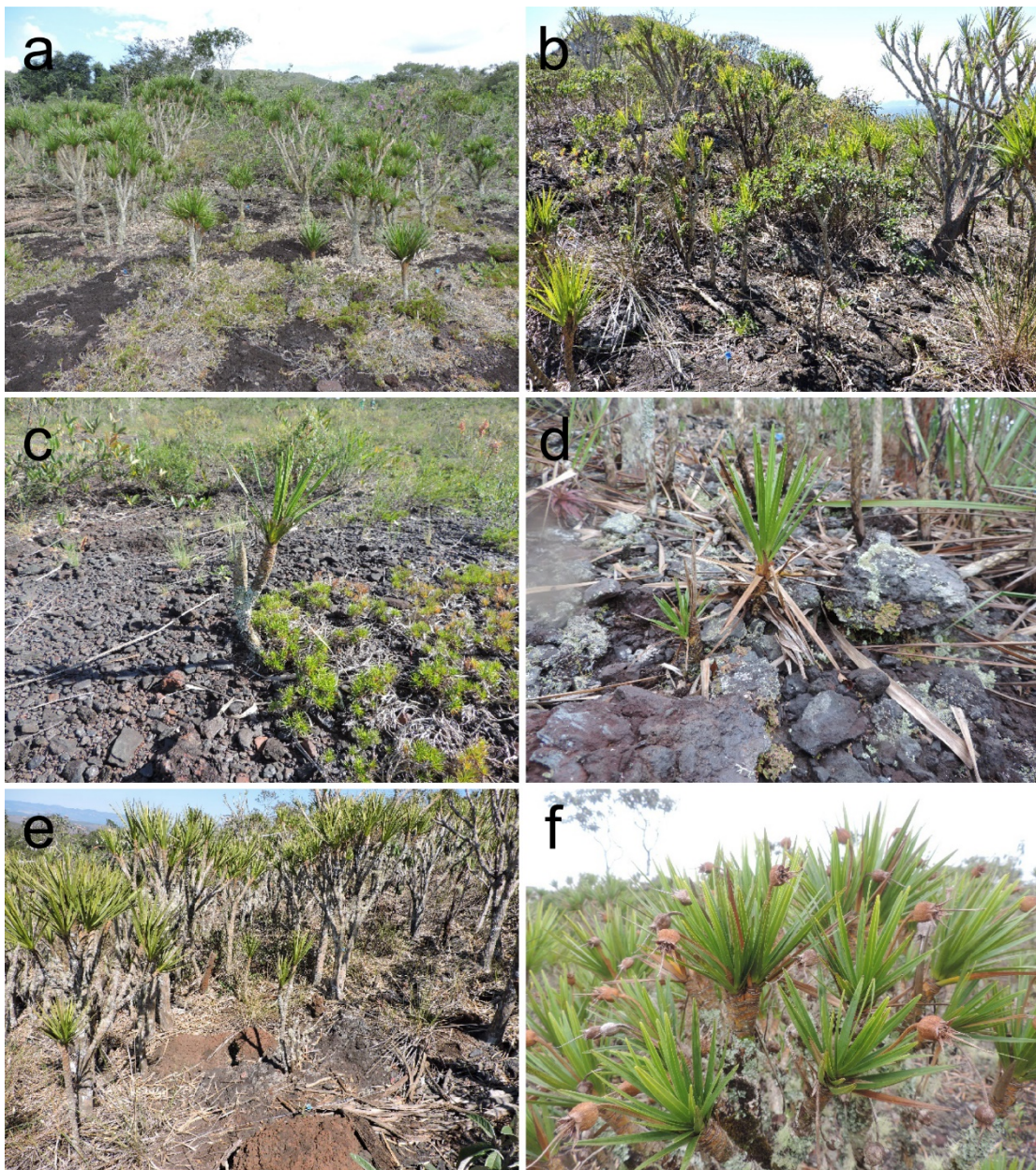
#### 3.2 Characterization of the environment

*Barbacenia delicatula* occurs where there is an accumulation of detritus between blocks of rock, in fractures or on rocky outcrops, or even in association with termites. Individuals of *B. delicatula* are present in small groups of two or more or in large populations in herbaceous, herbaceous-arboreal, or open arboreal physiognomies, in fully exposed areas, or in protected portions, shaded for at least part of the day. The root systems of the plants occupy a considerable area of the substrates, which are always scarce. The terrains in which they develop are varied, being stony areas with fragments of ferruginous phyllites, with or without quartzites, outcrops of ferruginous phyllites or quartzites, or areas with continuous or hardened cangas (Figure 2).



**Figure 2** - Distribution of *Barbacenia delicatula* L.B.Sm. in the survey plots. (A): A large population in an outcrop of quartzites with interspersed ferruginous phyllite; (B): *B. delicatula* in cangas; (C): Individuals between blocks of rock; (D): Proximity of the species to termites; (and): Individuals in a shaded environment at the base of a rock outcrop; (F): Detail of the root system occupying a large part of the substrate.

*Vellozia ramosissima* produced little vegetation in the medium slope segments (up to 30°). The individuals usually form numerous clusters in the most open herbaceous or herbaceous-shrub physiognomies, but in the shrub-arboreal communities, it was present alone or in small groups. The substrates are outcrops of banded or non-banded iron rocks (phyllite), stony terrain of rusty phyllite fragments (with or without quartzite), and continuous iron concretions. In areas with a larger number of individuals of the species, a thin and discontinuous layer of foliage is formed (Figure 3).



**Figure 3** - Distribution of *Vellozia ramosissima* L. B. Sm in the plots. (A): Population of *V. ramosissima* in land with armored canga. (B). Land with vegetation ranging from a shrub to shrub-herbaceous physiognomy. (C): Individual of *V. ramosissima* on cobble and gravel substrate of ferruginous phyllites surrounded by dozens of young individuals. (D): Individuals growing between blocks of rocks. (E): Individuals of different sizes of *V. ramosissima* on a stony substrate in an armored area. (F): Individual of adult *V. ramosissima* in fruiting season.

Rupestrian grassland soils have very high acidity (average pH 4.18 for *B. delicatula* and 4.21 for *V. ramosissima*) and an electronegative nature (the pH in water is

higher than the pH in KCl). Aluminum saturation (m%) is high (average of 63.11 m% for *B. delicatula* and 64.15 m% for *V. ramosissima*). The  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  contents are extremely low, resulting in very low values of the sum of bases (SB) (average of 0.72  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *B. delicatula* and 0.66  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *V. ramosissima*) and base saturation (V%) (average of 4.86  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *B. delicatula* and 4.42  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *V. ramosissima*). The organic matter (MO), nitrogen (N), and phosphorus (P) content are low, and the potassium (K) content is relatively higher than that in some areas of rupestrian grasslands in Brazil. Except for iron (average of 356.95  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *B. delicatula* and 375.2  $\text{cmolc dm}^{-3}$  for *V. ramosissima*), the average micronutrient content is extremely low. The percentage of sand observed in thin air-dried soil is high, 67% on average for *B. delicatula* and 72% on average for *V. ramosissima*, indicating that the predominant texture of these soils is sandy (Table 1).

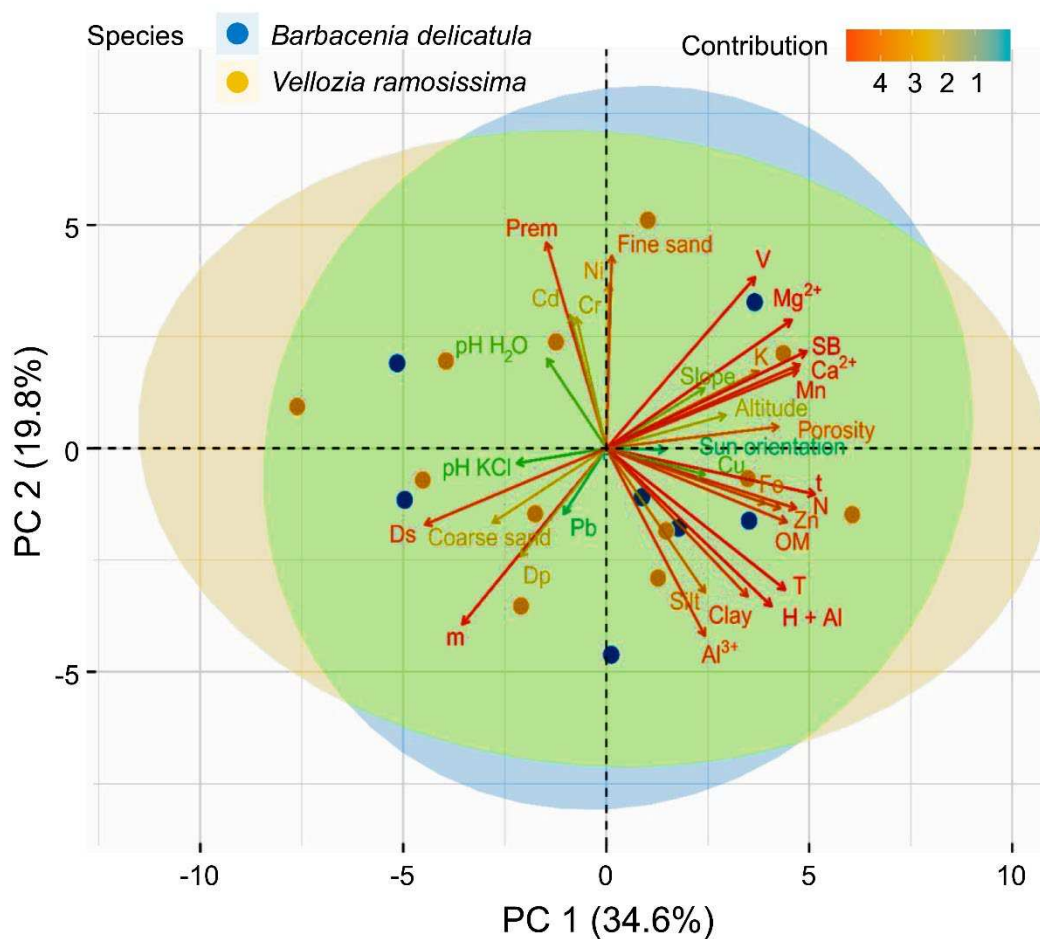
**Table 1** - Species richness in the plots (Riq\_esp) and numbers of individuals (Num\_ind) of *Vellozia ramosissima* or *Barbacenia delicatula*, planialtimetric parameters (slope and altitude) and physical-chemical characterization of soils. The values correspond to the means of twelve samples followed by the standard deviation. MO organic matter; P\_rem - remaining phosphorus; Sb - sum of bases; t - effective cation exchange capacity; T - cation exchange capacity at pH 7.0; V - base saturation; m - aluminum saturation. Clay (<0,02 mm), Silt (0,02-0,05 mm), Fine sand (0,05-0,2 mm) and Coarse sand (0,2-2 mm).

Parameters	<i>Barbacenia delicatula</i>	<i>Vellozia ramosissima</i>
Riq_esp	26.25 ± 1.77	26.42 ± 2.14
Num_ind	34.5 ± 7.26	71.25 ± 11.57
Slope (in degrees)	11.04 ± 6.26	9.37 ± 7.00
Altitude (m)	947 ± 30.97	950.25 ± 37.65
pH H <sub>2</sub> O	4.18 ± 0.05	4.21 ± 0.04
pH KCl	3.11 ± 0.05	3.13 ± 0.06
N (dag.kg <sup>-1</sup> )	0.2 ± 0.05	0.19 ± 0.10
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	4.23 ± 0.76	5.12 ± 0.64
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	45.67 ± 9.89	43.83 ± 10.11
Ca <sup>2+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.5 ± 0.09	0.45 ± 0.08
Mg <sup>2+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.11 ± 0.02	0.1 ± 0.02
Al <sup>3+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	1.14 ± 0.09	1.05 ± 0.1
H+Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	14.12 ± 1.03	13.93 ± 1.15
Sb (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.72 ± 0.12	0.66 ± 0.11

Parameters	<i>Barbacenia delicatula</i>	<i>Vellozia ramosissima</i>
t (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	1.86 ± 0.15	1.71 ± 0.16
T (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	14.84 ± 1.07	14.59 ± 1.2
V (%)	4.86 ± 0.73	4.42 ± 0.71
m (%)	63.11 ± 4.07	64.15 ± 3.86
MO (dag.kg <sup>-1</sup> )	7.36 ± 0.72	8.42 ± 1.21
P_rem (mg.L <sup>-1</sup> )	38.95 ± 1.66	40.14 ± 1.66
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.83 ± 0.12	1.09 ± 0.14
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	5.13 ± 0.98	5.54 ± 1.17
Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )	356.95 ± 22.71	375.2 ± 36.12
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	1.31 ± 0.13	1.44 ± 0.17
Cr (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.39 ± 0.11	0.41 ± 0.08
Ni (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.79 ± 0.10	0.83 ± 0.08
Cd (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.28 ± 0.03	0.35 ± 0.02
Pb (mg.dm <sup>-3</sup> )	1.79 ± 0.11	1.84 ± 0.08
Coarse sand (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.30 ± 0.03	0.43 ± 0.05
Fine sand (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.37 ± 0.04	0.29 ± 0.05
Silt (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.19 ± 0.02	0.15 ± 0.02
Clay (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.02
Particle density- Dp (g. cm <sup>-3</sup> )	2.94 ± 0.06	2.87 ± 0.05
Soil density - Ds (g.cm <sup>-3</sup> )	1.42 ± 0.04	1.47 ± 0.05
Porosity (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	48.15 ± 1.10	50.91 ± 0.98

3.3 Analysis of the main soil components and the correlation between species richness in the plots and the number of individuals of *Barbacenia delicatula* and *Vellozia ramosissima*

Based on the main components of the planialtimetric and soil parameters, the analysis showed that 76.1% of the total variation is explained by the first four principal components, the first two principal component axes accounting for 54.4% of the total variation, with the first axis accounting for 34.6% and the second axis for 19.8% (Figure 4). The 10 variables with the highest contributions for axis 1 are as follows: T, SB, Ca<sup>2+</sup>, Mn, N, Mg<sup>2+</sup>, soil density, MO, T, and Zn. For axis 2, they are P\_Rem, fine sand, Al<sup>3+</sup>, m, V, Ni, H Al, clay, silt, and T.



**Figure 4** - Principal component analysis (PCA) biplot of the observations (closed circles) on the planialtimetric and soil variables (arrows) related to the area of occurrence of the species *Barbacenia delicatula* and *Vellozia ramosissima*. The first two axes accounted for 54.4% of variance. Relative contribution of variables to the main components is indicated by color in arrows. Observations associated with each represented species are circumscribed by colored concentration ellipses.

The correlation was significant and positive between the exposure face, altitude, K content, and species richness (Riq\_esp) in *B. delicatula* plots. The correlation was negative between the pH in KCl and species richness in the plots of *B. delicatula*. Regarding the number of individuals (Num\_esp) of *B. delicatula* on the plots, there was a positive correlation with particle density and a negative correlation with Cr and Cd content and total porosity. For *V. ramosissima* the only significant correlation expressed was positive for altitude and species richness on the plots (Table 1).

**Table 1** - Partial correlation matrix to test the association between species richness or number of individuals of *Barbacenia delicatula* and *Vellozia ramosissima* species and planialtimetric and soil parameters.

Parameters	<i>Barbacenia delicatula</i>		<i>Vellozia ramosissima</i>	
	species richness	number of individuals	species richness	number of individuals
Sun orientation	<b>0.69</b>	0.04	0.2	-0.14
Slope (in degrees)	0.22	-0.46	0.33	-0.11
Altitude (m)	<b>0.64</b>	-0.43	<b>0.65</b>	-0.19
pH H <sub>2</sub> O	0.07	-0.28	0.19	-0.34
pH KCl	<b>-0.58</b>	0.2	-0.3	0.18
N (dag.kg <sup>-1</sup> )	0.03	0.2	0.01	0.23
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.53	-0.33	0.49	-0.5
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	<b>0.59</b>	-0.24	0.55	-0.15
Ca <sup>2+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.25	0.2	0.06	0.23
Mg <sup>2+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.3	-0.04	0.17	0.08
Al <sup>3+</sup> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.27	0.38	0.33	0.3
H+Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.26	0.4	0.31	0.29
Sb (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.35	0.08	0.19	0.14
t (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.44	0.31	0.34	0.29
T (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0.29	0.39	0.31	0.29
V (%)	0.31	-0.08	0.15	-0.05
m (%)	-0.15	0.05	-0.01	0
MO (dag.kg <sup>-1</sup> )	-0.02	0.39	0.04	0.41
P <sub>rem</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.24	-0.36	-0.13	-0.47
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.23	-0.26	-0.36	0.48
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.35	-0.1	0.01	0.31
Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.24	-0.23	0.08	0.44
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.06	0.28	-0.13	0.47
Cr (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.43	<b>-0.6</b>	-0.32	-0.27
Ni (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.51	-0.36	-0.34	-0.21
Cd (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.29	<b>-0.6</b>	-0.13	-0.16
Pb (mg.dm <sup>-3</sup> )	-0.31	0.4	-0.33	0.19
Coarse sand (kg.kg <sup>-1</sup> )	-0.36	0.25	-0.3	0.46

Fine sand (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.19	-0.31	0.03	-0.56
Silt (kg.kg <sup>-1</sup> )	0.27	0.11	0.55	-0.1
Clay (kg.kg <sup>-1</sup> )	-0.26	0.23	0.08	0.37
Particle density- Dp (g. cm <sup>-3</sup> )	0.32	<b>0.61</b>	-0.09	0.11
Soil density - Ds (g.cm <sup>-3</sup> )	0.19	-0.15	-0.18	0.09
Porosity (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	-0.03	<b>-0.65</b>	0.21	-0.03

MO organic matter; P<sub>rem</sub> - remaining phosphorus; Sb - sum of bases; t - effective cation exchange capacity; T - cation exchange capacity at pH 7.0; V - base saturation; m - aluminum saturation. Clay (< 0.02 mm), Silt (0.02-0.05 mm), Fine sand (0.05-0.2 mm) and Coarse sand (0.2-2 mm) (Wentworth, 1922). Bold indicates P values <0.05.

#### 4. DISCUSSION

This study demonstrated that soil features, such as higher content of exchangeable bases and higher percentage of fine sand, are positively correlated with the presence of a higher number of *B. delicatula* individuals, and that features such as higher Cr and Cd content, and higher total porosity are negatively correlated with the presence of *B. delicatula*. In addition, factors such as greater angle of exposure and higher K content are related to the greater species richness associated with *B. delicatula*, and the opposite occurs when there is an increase in pH in KCl. As the altitude increases, there is a greater species richness associated with the two Velloziaceae species.

Rupestrian grasslands are among the most diverse ecosystems worldwide (MUCINA, 2018), although there are still many knowledge gaps about their floras (RAPINI *et al.*, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2016). This knowledge is crucial for the protection of these environments and even more so for the endemic or endangered species inhabiting them. In a study of rupestrian grasslands in the southeast Espinhaço Mountains, in a sample area of 0.13 ha (much smaller than the area studied here, which is 1.9 ha), 9,672 woody individuals and rosettes, with a diameter at soil height greater than or equal to 1 cm, belonging to 278 species (MOTA *et al.*, 2018) were found. This was a greater number of species than were found in this study (101), but a lower number of individuals (28,246). This difference could be attributed to greater altitudinal variation and more heterogeneous soils in this study. However, the two focal Velloziaceae species studied

here are distributed in a more restricted altitudinal range, compared to the study by Mota *et al.* (2018), with mean altitudes close to 950 m.

In areas with more uniform soils and with low availability of nutrients for plants, such as those on the Amazonian plain, there is a hypothesis that topographic conditions and soil texture interfere less in the community structure than in more heterogeneous areas, such as rupestrian pastures (PANSONATO *et al.*, 2013). Topography and texture are among the main factors determining the floristic patterns of vegetation in rupestrian grasslands (ZUQUIM *et al.*, 2012; PANSONATO *et al.*, 2013).

Rupestrian grassland species are known to be adapted to conditions of high aluminum saturation (m%) (LE STRADIC; BUISSON; FERNANDES, 2015), a trait that was also observed for *Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu. and *Vellozia ramosissima* L.B.Sm. A high concentration of aluminum in the soil solution harms most plants and is decisive in the selection of species. In addition, in soils with low pH, phosphorus, which is an essential nutrient for plant growth and establishment, can precipitate and become less available to plants (SARMIENTO, 1984).

Very low values for the sum of bases (Sb) and base saturation (V%) indicate very low natural soil fertility, suggesting the existence of extremely efficient adaptive mechanisms of the species (ABRAHÃO *et al.*, 2018). In the present study, soil fertility in the sample sites was low (RONQUIM, 2010), a feature observed in recent studies in other rupestrian grasslands (BENITES *et al.*, 2007; NEGREIROS; MORAES; FERNANDES, 2008; SCHAEFER *et al.*, 2016).

Areas with low organic matter content (MO), such as those studied in this work, usually have sandy soils with a low cation exchange capacity, low buffer capacity, high base leaching potential, and micronutrient deficiency (TOMÉ JUNIOR, 1997). The MO in these soil types increases the cation exchange capacity of the soil, protects from sudden pH changes, assists in the construction and maintenance of the structure, and improves the ability to retain and store water (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

The phosphorus (P) content in the soils of the study areas is low and similar to that found in rupestrian grasslands in the municipality of Mariana (MESSIAS *et al.*, 2013), in the municipality of Conceição do Mato Dentro (BATISTA, 2016), and in areas studied in the Serra do Cipó National Park (CARVALHO *et al.*, 2012; RIBEIRO;

FERNANDES, 2000; ABRAHÃO *et al.*, 2018). Furthermore, in areas with high acidity, iron, and aluminum, the adsorption of P by soil particles is high, resulting in low absorption of P by plants (NOVAIS *et al.*, 2007).

Potassium (K) is relatively high when compared to other areas of rupestrian grasslands in the Cipó Mountains (CARVALHO *et al.*, 2012; ABRAHÃO *et al.*, 2018), but similar to that found in rupestrian grasslands in the municipality of Conceição do Mato Dentro (BATISTA, 2016). The results of K and P were compatible with the chemical characteristics of soils on iron-bearing rocks from the Iron Quadrangle (SCHAEFER; MENDONÇA; RIBEIRO, 2008) and Carajás Mountains (SCHAEFER *et al.*, 2016). Phosphorus is directly associated with the formation and development of plant roots (BARROS; STRINGHETA, 1999) and, therefore, its scarcity is related to a slow growth rate (LAMBERS; POORTER, 1992). Potassium does not participate in the formation of structures in plants but regulates many important processes, such as photosynthesis and water control in tissues (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018).

In the studied areas, the soils have a sandy texture and are deficient in nutrients, like other rock fields in the world (MUCINA, 2018). A low percentage of clay in the textural composition contributes to the low fertility of these soils (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007) because the soil loads are mostly associated with this fraction, which ensures greater nutrient retention and availability to plants (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014; LE STRADIC; BUISSON; FERNANDES, 2015). However, in sandy soils, there is low cation exchange capacity, and exchange complexes are almost exclusively dependent on organic matter (TOMÉ JUNIOR, 1997), which was also low in the studied soils.

Acid soils, such as those in the present study, have low levels of available P, low levels of exchangeable bases and micronutrients (except for Fe), and levels of aluminum that would be toxic for most plants (SILVEIRA *et al.*, 2016). The analysis of the main components in the present study, similar to previous studies, indicated that the soil texture, acidity, concentrations of Al, Ca, and Mg are the critical features of soils at the sites. Organic matter, P<sub>rem</sub> (remaining phosphorus content), and t (cation exchange capacity) have secondary influence (SILVEIRA *et al.*, 2016), demonstrating the adaptive efficiency of these plants to the soil conditions (ABRAHÃO *et al.*, 2018).

A wide variation in the rupestrian grasslands results in a range of environments or

sites, and the flora often appears as scattered and locally specific mosaics. These spatial factors, associated with the fact that studies are still incipient in these environments, result in few records of sites where these species naturally occur, especially the rarest species. Previous knowledge about the existence of populations of the two Velloziaceae species at preserved natural areas of rupestrian grasslands facilitated allocation of the plots; however, a search for other places of occurrence would possibly aid the formation of an even more robust database.

This study is an important step towards a better understanding of the environment and the communities associated with these two endemic Velloziaceae species (one of which is threatened with extinction) in Brazilian rupestrian grasslands. The results could assist in the protection of these habitat types. This study provides insight into the continuous conservation of two endemic plant species and serves as a model for future studies of plant communities in rupestrian grasslands.

## 5. REFERENCES

ABRAHÃO, A. *et al.* Soil types select for plants with matching nutrient-acquisition and -use traits in hyperdiverse and severely nutrient-impoverished *campos rupestres* and *cerrado* in Central Brazil. **Journal of Ecology**, British Ecological Society, Londres, v. 107, nov. 2018. DOI 10.1111/1365-2745.13111.

BARBOSA, N. P. de U.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A. A relict species restricted to a quartzitic mountain in tropical America: an example of micro refugium?. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 29, n. 3, p. 299-309, jul./set. 2015. DOI 10.1590/0102-33062014abb3731.

BARROS, N. F.; STRINGHETA, A. C. O. Plantas ornamentais arbóreas e arbustivas. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. A. V. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: SBCS, 1999. p. 273-276.

BATISTA, D. S. **Vellozia ramosissima**: estrutura populacional, anatomia foliar e avaliação nutricional em áreas de complexos rupestres, sob diferentes substratos, na Serra do Espinhaço, MG. 2016. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

BENITES, V. M. *et al.* Soils associated with rocky outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 569-577, out./dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbb/v30n4/02.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Centro Nacional de Conservação da Flora. **Barbacenia delicatula in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Barbacenia delicatula](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Barbacenia%20delicatula). Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 110, 18 dez. 2014a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 121, 18 dez. 2014b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 126, 18 dez. 2014c.

CAMARGO, A. P. *et al.* Microbiomes of Velloziaceae from phosphorus-impoverished soils of the campos rupestres, a biodiversity hotspot. **Scientific Data**, v. 6, jul. 2019. ISSN 2052-4463 versão *online*. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0141-3>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CARVALHO, F. de *et al.* The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 52, p. 9-19, 2012. DOI 10.1016/j.apsoil.2011.10.001.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 193-206, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rod/v58n1/2175-7860-rod-58-01-0193.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CONCEIÇÃO, A. A. *et al.* Rupestrian grassland vegetation, diversity, and origin. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and Conservation of Mountain-top Grasslands in Brasil**. Cham: Springer, 2016 p. 105-127. DOI 10.1007/978-3-319-29808-5.

CONCEIÇÃO, A. A. *et al.* Campos rupestres. *In*: JUNCA, F. A. *et al* (ed.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 153-180.

EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq, 1983.

ELLENBERG, H. H. **Vegetation Ecology of Central Europe**. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

FERNANDES, G. W. The megadiverse rupestrian grassland. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 3-14.

FIGUEIRA, J. E. C. *et al.* Fire in rupestrian grasslands: plant response and management. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 415-448.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço range region eastern Brazil. *In*: DAVIS, S. D. *et al* (ed.). **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. Cambridge: World Wide Fund for Nature/World Conservation Union, 1997. p. 397-404.

HASANUZZAMAN, M. *et al.* Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, Basel, v. 8, n. 3, 2018. DOI 10.3390/agronomy8030031.

HAYES, P. *et al.* Foliar nutrient concentrations and resorption efficiency in plants of contrasting nutrient-acquisition strategies along a 2-million-year dune chronosequence. **Journal of Ecology**, British Ecological Society, Londres, v. 102, n. 2, p. 396-410, 2014. DOI 10.1111/1365-2745.12196.

HOLLAND, P.; STEYN, D. Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle and aspect. **Journal of Biogeography**, v. 2, n. 3, p. 179-183, 1975. DOI 10.2307/3037989.

HOPPER, S. D.; SILVEIRA, F. A. O.; FIEDLER, P. L. Biodiversity hotspots and Ocbil theory. **Plant and Soil**, v. 403, p. 167-216, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2764-2.

HUGHES, C. E.; PENNINGTON, R. T.; ANTONELLI, A. Neotropical plant evolution: assembling the big picture. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 171, n. 1, p. 1-18, jan. 2013. DOI 10.1111/boj.12006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMPRABA, 2001.

JACOBI, C. M. *et al.* Plant communities on iron stone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2185-2200, 2007. DOI 10.1007/s10531-007-9156-8.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Periandra. *In: Flora do Brasil 2020 em construção*. [Rio de Janeiro]: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB29812>. Acesso em: 2 abr. 2020.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Velloziaceae. *In: Flora do Brasil 2020 em construção*. [Rio de Janeiro]: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB29812>. Acesso em: 20 mar. 2020.

KILLINGBECK, K. T. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. **Ecology**, Washington, v. 77, n. 6, p. 1716-1727, 1996. DOI 10.2307/2265777.

KOBE, R. K.; LEPCZYK, C. A.; IYER, M. Resorption efficiency decreases with increasing green leaf nutrients in a global data set. **Ecology**, Washington, v. 86, n. 10, p. 2780-2792, 2005. DOI 10.1890/04-1830.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, v. 23, p. 187-261, 1992. Disponível em: [http://www.science.poorter.eu/1992\\_Lambers&Poorter\\_AER.pdf](http://www.science.poorter.eu/1992_Lambers&Poorter_AER.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

LE STRADIC, S.; BUISSON, E.; FERNANDES, G. W. Vegetation composition and structure of some Neotropical mountain grasslands in Brazil. **Journal of Mountain Science**, v. 12, p. 864-877, 2015. DOI 10.1007/s11629-013-2866-3.

MANZONI, S. *et al.* Optimal metabolic regulation along resource stoichiometry gradients. **Ecology Letters**, v. 20, n. 9, p. 1182-1191, 2017. DOI 10.1111/ele.12815.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A (org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. ISBN 9788588742581.

MELLO-SILVA, R. Two new species of Vellozia (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 120, n. 3, p. 257-263, mar. 1996. DOI 10.1111/j.1095-8339.1996.tb00775.x.

MELLO-SILVA, R. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Velloziaceae. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 27, n. 1, p. 109-118, 2009. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v27i1p109-118.

MELLO-SILVA, R. *et al.* Five vicarious genera from Gondwana: the Velloziaceae as shown by molecules and morphology. **Annals of Botany**, v. 108, n. 1, p. 87-102, jan. 2011. DOI 10.1093/aob/mcr107.

MELLO-SILVA, R. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Velloziaceae. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p. 259-262, 2018. DOI 10.1590/2175-7860201869125.

MENEZES, N. L. **Características anatômicas e a filogenia, na família Velloziaceae**. 1984. 82f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

MENEZES, N. L.; GIULIETTI, A. M. Campos rupestres. *In*: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (ed.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 2000. p. 65-73.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrops sites, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 255-268, 2011. Disponível: <https://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn01311022011%20ISSN%201676-0603>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Soil-vegetation relationship in quartzitic and ferruginous Brazilian rocky outcrops. **Folia Geobotanica**, v. 48, p. 509-521, 2013. DOI 10.1007/s12224-013-9154-4.

MIRANDA, M. D. **Modelos de distribuição de espécies de Vellozia (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/TJAS-8URHZY>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MOTA, G. S. *et al.* Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in Southeastern Brazil. **Flora**, v. 238, p. 32-42, jan. 2018. DOI 10.1016/j.flora.2017.03.010.

MUCINA, L. Vegetation of Brazilian campos rupestre on siliceous substrates and their global analogues. **Flora**, v. 238, p. 11-23, jan. 2018. DOI 10.1016/j.flora.2017.06.007.

NEGREIROS, D. *et al.* CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments. **Plant Ecology**, v. 215, p. 379-388, 2014. DOI 10.1007/s11258-014-0302-6.

NEGREIROS, D.; MORAES, M. L. B.; FERNANDES, G. W. Characterization of the soil fertility of the soils of four leguminous shrubs of rupestrian fields, Serra do Cipo,

MG, Brazil. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, Temuco, v. 8, n. 4, p. 30-39, 2008.

NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, v. 205, n. 3, p. 1183-1194, 2015. DOI 10.1111/nph.13175.

PANSONATO, M. P. *et al.* Spatial scale or amplitude of predictors as determinants of the relative importance of environmental factors to plant community structure. **Biotropica**, v. 45, n. 3, p. 299-307, 2013. DOI 10.1111/btp.12008.

RAMSAY, P. M.; OXLEY, E. R. B. The growth form composition of plant communities in the Ecuadorian páramos. **Plant Ecology**, v. 131, p. 173-192, 1997. DOI 10.1023/A:1009796224479.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 15-23, dez. 2008. Disponível: [http://www.inot.org.br/artigo/Rapini\\_et\\_al\\_2008\\_A\\_flora\\_dos\\_campos\\_rupestres\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Espinhaco.pdf](http://www.inot.org.br/artigo/Rapini_et_al_2008_A_flora_dos_campos_rupestres_da_Cadeia_do_Espinhaco.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, , 2014.

REICH, P. B. The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal of Ecology**, British Ecological Society, Londres. v. 102, n. 2, p. 275-301, 2014. DOI 10.1111/1365-2745.12211.

RIBEIRO, K. T.; FERNANDES, G. W. Patterns of abundance of a narrow endemic species in a tropical and infertile montane habitat. **Plant Ecology**, v. 147, p. 205-218, 2000. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/leeb/publicacoes/2000.Ribeiro.Fernandes.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882598>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SALAS, R. M. *et al.* Carajasia (Rubiaceae), a new and endangered genus from Carajás mountain range, Pará, Brazil. **Phytotaxa**, v. 206, n. 1, p. 14-29, 2015. DOI 10.11646/phytotaxa.206.1.4.

SARMIENTO, G. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University Press, 1984.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; RIBEIRO, A. S. S. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Biodiversidade, Conservação e Perspectivas de Sustentabilidade *In: SIMPÓSIO AFLORAMENTOS FERRUGINOSOS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO*, 2008,

Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: ICB/UFMG, 2008.

SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.* The physical environment of rupestrian grasslands in Brazil: geological, geomorphological and pedological characteristics and interplays. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and Conservation of Mountain-top Grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 15-54. DOI 10.1007/978-3-319-29808-5.

SILVEIRA, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, p. 129-152, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2637-8.

SURINA, B. Forest vegetation of tectonic dolines Pihlja and Vitra above the Vinodol Valley (Liburnian Karst, Nw Croatia). **Šumarski List**, v. 138, n. 5-6, p. 259-269, 2014. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/125671>. Acesso em: 20 mar. 2020.

TEIXEIRA, P. C. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 2017.

TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997.

VENEKLAAS, E. J. *et al.* Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v. 195, n. 2, p. 306-320, 2012. DOI 10.1111/j.1469-8137.2012.04190.x.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, jul./ago. 1922. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30063207>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ZUQUIM, G. *et al.* Broad scale distribution of ferns and lycophytes along environmental gradients in Central and Northern Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 44, n. 6, p. 752-762, 2012. DOI 10.1111/j.1744-7429.2012.00880.x.





Family	Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.									1			4								5
	<i>Astraea comosa</i> (Müll.Arg.) B.W.van Ee			2								1									3
Euphorbiaceae	<i>Croton splendidus</i> Mart.								104		11			9	2						126
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.									2								2		1	5
	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	52	14	13	68	21	64	103	18	58	53		251	218	304	29	131	66	13		1476
	<i>Aeschynomene vogelii</i> Rudd						31					1									32
	<i>Calliandra fasciculata</i> Benth.	2	68	21	24	3						61									179
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth	12	1	7	16		50	32	14	74	42		38	38	21	11	14	11	20	4	405
Fabaceae	<i>Chamaecrista choriophylla</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby							7	1						2					3	13
	<i>Chamaecrista debilis</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby				1							3									4
	<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby						1														1
	<i>Galactia martii</i> DC.									5	15		19	29	18						86



Family	Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
	<i>Byrsonima sericea</i> DC.										1										1
	<i>Byrsonima variabilis</i> A. Juss.		5				4	5								3			12	17	46
	<i>Heteropterys eglandulosa</i> A. Juss	7	13	6	23	5		2	1	9	60	3	46	57	56	7	48	35		26	404
	<i>Peixotoa tomentosa</i> A.Juss.	13	5	1		2	2		3	21	26		15	25	25	3	1	5			147
Malvaceae	<i>Pavonia viscosa</i> A.St.-Hil.							23													23
	<i>Pseudobombax campestre</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns													2							2
Melastomataceae <sup>e</sup>	<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.				1					1											2
	<i>Clidemia urceolata</i> DC.			1	1							1									3
	<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.							1				33									34
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	7																			7
	<i>Miconia</i> sp.			1	29	13	13	1	1												
	<i>Pleroma heteromalla</i> D. Don (D.Don)	4					35	3	23	38	76	62	1	28	13		33	34	1		351
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	3	4		7	3	3	5	1				10	7	12				1	8	64
	<i>Eugenia lagoensis</i> Kiaersk.																			2	2
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	1	6	5	5	2								1							20



Family	Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
	<i>Axonopus pellitus</i> (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase					23	24														47
	<i>Trichantheceium distichophyllum</i> (Spreng.) Zuloaga & Morrone						1	2								12 5			92	11	231
Polygonaceae	<i>Coccoloba acrostichoides</i> Cham.		4				5	42							2						53
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis minarum</i> (Weath.) Salino									15			6								21
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem & Schult.									2										1	3
Pteridaceae	<i>Cheilanthes goyazensis</i> (Taub.) Domin, Biblioth.	30		15																	45
	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	16	50	25	38	19		19	15	5	7		6	28	20	31	12	6	52	39	388
Rubiaceae	<i>Psyllocarpus laricoides</i> Mart. & Zucc.			3																	3
	<i>Remijia ferruginea</i> (A.St. Hil.) D.C.		9	16			1	56								9			1	64	156
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.										2										2
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.				2		1														3
Sapotaceae	<i>Micropholis gnaphalocladus</i> (Mart.) Pierre												1	2							3

Family	Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Smilacaceae	<i>Smilax oblongifolia</i> Pohl ex Griseb.			2			4				1		6	2	2					2	19
	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	490	315	127	35	25	109	49		35		107				17 5			628	41	2136
	<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	2						3													5
	<i>Barbacenia gentianoides</i> Taub. ex Goethart & Henrard							10													10
Velloziaceae	<i>Barbacenia tomentosa</i> Mart.												28	30							58
	<i>Vellozia compacta</i> Mart. ex Schult. & Schult. f.						3														3
	<i>Vellozia minima</i> Pohl												404	82	8		100 2	269			1765
	<i>Vellozia ramosissima</i> L.B.Sm.						9	138	139 1	44 2	599		340	644	215	11 3	318	457		40	4706
	<i>Vellozia</i> sp.	15	12	165 3	370	67						37									2154
	<i>Lippia organoides</i> Kunth.		9	31	48				1	15	11	13	7	9	29	33	1	30	67	2	306
Verbenaceae	<i>Lippia pseudothea</i> (A.St.-Hil.) Schauer															8					8
	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	43	9		6	5	312	131	8			14	35	4	8		58	64			697
	<i>Callisthene erythroclada</i> Warm. in Mart. & Eichler														4						4
Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp.																		2	1	3

<b>Family</b>	<b>Species</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>Total</b>
		134	172	291	136	121	189	161	218	85	108	116	159	161	102	83	170	108	155	145	2824
<b>Total</b>		3	5	2	9	7	9	8	1	9	3	0	7	2	8	9	9	2	9	4	6

**ARTIGO II – PROPOSTO**

**COMUNIDADE VEGETAL E ANÁLISE DA COBERTURA DE SOLO DE  
*Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu., VELLOZIACEAE AMEAÇADA DE  
EXTINÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES DO ESPINHAÇO, BRASIL**

## RESUMO

Os campos rupestres brasileiros têm uma das floras mais ricas do mundo com elevado número de endemismos e espécies raras. Para avaliar as comunidades vegetais associadas à *Barbacenia delicatula* LBSm. & Ayensu., Velloziaceae em extinção e endêmica, e efetuar o estudo do percentual de cobertura de solo pela espécie foram lançadas 12 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> em áreas naturais de campos rupestres na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra do Espinhaço. As espécies foram identificadas, quantificadas e calculadas a frequência, a densidade, a abundância e o valor de importância (VI). A cobertura de *B. delicatula* foi estimada com um gabarito de 1 m<sup>2</sup>. A diversidade de Shannon-Wiener (H'), a dominância de Simpson (C), a equabilidade de Pielou (J') e a similaridade florística pelo método de Sorensen (SO) foram obtidos para cada parcela. 17.954 indivíduos de 87 espécies (31 endêmicas) foram encontrados. Das 10 espécies com maior VI apenas três não são endêmicas do Brasil. H', C, J' e SO foram 2,98, 0,92, 0,67, 0,47, respectivamente. Três espécies não são endêmicas do Brasil (*R. setigera*, *P. mediterrânea* e *M. hispida*) dentre as 10 com maior valor de importância encontradas no estudo. A porcentagem de cobertura média de *B. delicatula* na área amostral foi de 0,7902 %. Em um terço das comparações feitas a similaridade foi superior aos 50 % demonstrando uma tendência de algumas espécies coabitarem com *B. delicatula*, no entanto, a baixa dominância de espécies verificada para o conjunto de dados indica uma grande variação entre as espécies que não são comuns. O presente estudo é um passo importante para uma melhor compreensão das comunidades de plantas associadas e do percentual de cobertura do solo desta espécie ameaçada de extinção dos campos rupestres brasileiros, sendo uma fonte de informações e subsídios para auxiliar na conservação contínua da espécie e do próprio ecossistema em que ela se desenvolve.

**Palavras-chave:** Biodiversidade ... Vegetação de montanha ... Sustentabilidade da vegetação natural ... Fitossociologia ... Cobertura do solo ... Campos rupestres ... Velloziaceae ... Plantas em extinção ... Espinhaço

## 1. INTRODUÇÃO

Os campos rupestres correspondem a uma das floras mais especialistas e endêmicas dos trópicos e podem ser descritos como um tipo de formação gramíneo-arbustivo em forma de manchas, que vegeta afloramentos rochosos de quartzito, arenito ou canga, em áreas arenosas, com materiais pedregosos ou encharcadas (SILVEIRA *et al.*, 2016). Nas partes altas da Cordilheira do Espinhaço são a fitofisionomia dominante, sendo que a porção sul da Cordilheira foi reconhecida como Reserva da Biosfera pela UNESCO em 2005 (RIBEIRO *et al.*, 2012; 2014; FERNANDES *et al.*, 2014).

Esta reserva apresenta alta diversidade biológica (ALVES *et al.*, 2014) e grande concentração de endemias estreitas, uma vez que muitas espécies são restritas a pequenos sítios da região (GIULIETTI *et al.*, 1987; ZAPPI *et al.*, 2003; ALVES; KOLBEK, 2010; JACOBI; CARMO, 2012).

A vegetação dos campos rupestres possui ampla variedade de comunidades vegetais adaptadas à heterogeneidade da paisagem montanhosa em diferentes microambientes, com níveis variados de tolerância às restrições ambientais, como disponibilidade de água, temperatura, exposição ao vento e fatores relacionados ao solo, como profundidade, textura e disponibilidade de nutrientes (NEGREIROS *et al.*, 2014; FERNANDES, 2016). A alta riqueza florística dos campos rupestres e à persistência de linhagens antigas que continuam a se diversificar faz dessa vegetação a terceira mais antiga paisagem infértil com buffer climático (*OCBIL*) em termos de riqueza de plantas (HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016).

A família Velloziaceae apresenta taxas de endemismo de cerca de 70% na porção mineira da Cordilheira do Espinhaço (MELLO-SILVA, 2009). No mundo são descritas mais de 260 espécies divididas em cinco gêneros: *Acanthochlamys* P.C.Kao, *Xerophyta* Juss, *Barbaceniopsis* L.B.Sm., *Barbacenia* Vand. e *Vellozia* Vand. (MELLO-SILVA *et al.*, 2011), sendo esses dois últimos de ocorrência no Brasil, com um total de 221 espécies (MELLO-SILVA, 2018).

Na lista de espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira estão inclusas 11 espécies do gênero *Barbacenia* (BRASIL, 2014a; BRASIL, 2014b; BRASIL, 2014c). *Barbacenia delicatula* L.B.Sm. & Ayensu. é uma herbácea pequena, com dispersão barocórica por meio de diásporos secos, sem acessórios dispersivos de distribuição radial,

ou seja, os indivíduos ocorrem em aglomerados e não de forma isolada (MARTINELLI; MORAES, 2013; BRASIL, 2012).

Em estudos de vegetação, a fitossociologia é uma ferramenta indispensável para a compreensão da composição da flora (BOLDRINI; OBERBECK, 2015), assim como para a proposição de projetos de conservação e de recuperação de áreas degradadas. A ferramenta possibilita o conhecimento das espécies presentes, sua proporção na comunidade, e a descrição de como se distribuem e se associam (MESSIAS *et al.*, 2011). Entretanto, no caso específico dos campos rupestres, ainda são poucos os estudos quantitativos (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007).

As iniciativas de proteção de espécies ameaçadas da flora requerem um conhecimento mais detalhado destas comunidades e das populações de plantas, principalmente das espécies mais vulneráveis. Estudos científicos que agreguem informações que auxiliem os processos compensatórios, de conservação e de recuperação são indispensáveis para a efetiva proteção das espécies, atenuação das ameaças enfrentadas e risco de sua extinção.

O grande desafio na proteção dos campos rupestres é encontrar o conjunto delicado de condições que permitam uma remontagem do ambiente natural dessas comunidades vegetais dada a heterogeneidade e especificidade dos micro ambientes em que tais comunidades se desenvolvem (SILVEIRA *et al.*, 2016).

O objetivo deste trabalho foi a realização da análise fitossociológica da comunidade vegetal associada à *Barbacenia delicatula*, espécie endêmica e ameaçada dos campos rupestres brasileiros, e do estudo do percentual de cobertura de solo de amostras de populações da espécie.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo, levantamento da comunidade e do percentual de cobertura de *Barbacenia delicatula*

O estudo foi realizado entre os municípios de Conceição do Mato Dentro e Morro do Pilar, localizados na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra do Espinhaço, em uma faixa climática subtropical quente, com diversos microclimas relacionados a fatores topográficos (Figura 1). A região divide as bacias dos rios São

Francisco e Doce e apresenta temperatura média anual de, aproximadamente, 18 °C, e precipitação anual variando entre 850 e 1400 mm.



**Figura 1** - Localização das parcelas amostrais nos municípios de Conceição do Mato Dentro e Morro do Pilar, na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra Meridional de Espinhaço. Triângulos vermelhos indicam a localização das parcelas.

Doze parcelas de 1000 m<sup>2</sup> cada (20 m × 50 m) foram lançadas em áreas de ocorrência natural de *B. delicatula* (WISER, 1998), durante 2017-2018. Um estudo prévio de ocorrência dessas espécies com dados de inventários e levantamentos a pé (estudo não publicado) serviu como base para a seleção dos locais de lançamento das parcelas. Os critérios para a escolha do local das parcelas foram a facilidade de acesso e o fato de serem áreas de conservação para compensação ambiental. Essas áreas destinam-se à preservação ambiental como forma de compensação pela intervenção econômica em outras áreas com vegetação semelhante, sendo um requerimento da legislação ambiental brasileira. As características gerais dos terrenos e da vegetação, as coordenadas geográficas, as informações de altitude, de face de exposição ao sol e a declividade de cada parcela estão apresentados no Quadro 1.

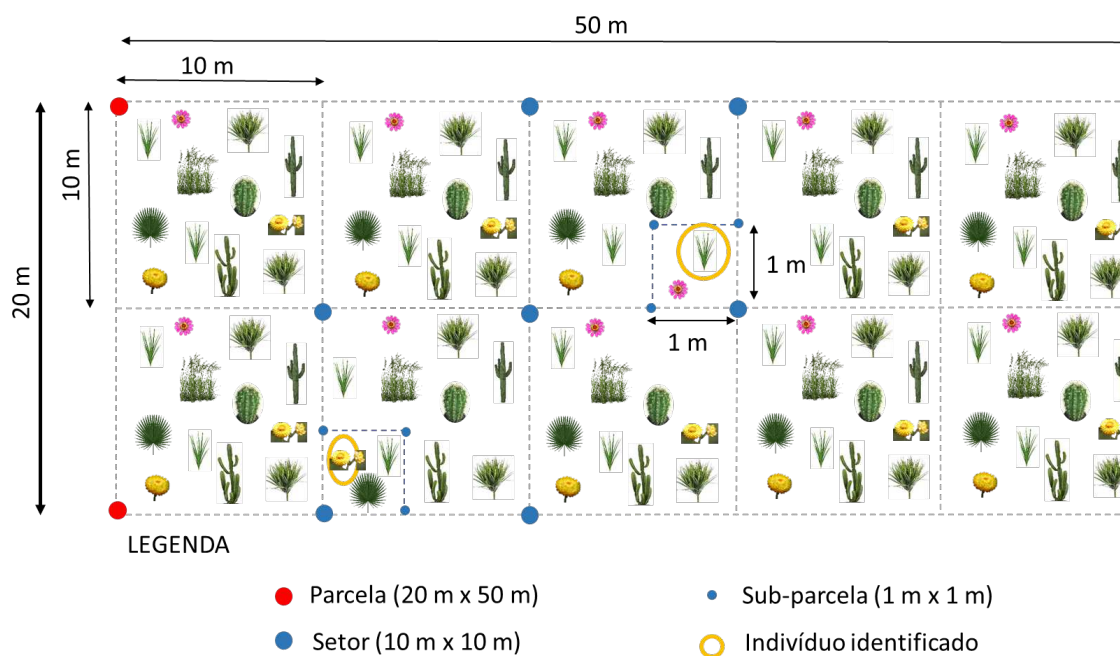
**Quadro 1** - Características gerais dos terrenos e da vegetação em cada parcela (P), coordenadas geográficas (E e N), altitude, face de exposição e declividade (D).

<b>P</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>Face de exposição (1)</b>	<b>D</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Características gerais dos terrenos</b>	<b>Características gerais da vegetação</b>
1	669035	7873880	E – SE	5° - 20°	841	Encosta. Afloramentos de filitos ferruginosos, lagedos ou blocos, blocos de canga	Vegetação herbácea esparsa
2	668871	7874346	E – SE	< 5°	883	Encosta. Blocos e lagedos de canga, com fragmentos de filitos ferruginosos subordinados	Vegetação arbustivo-herbácea a arbustiva aberta
3	668744	7874114	E – SE	< 5°	905	Encosta. Blocos de filitos ferruginosos e de canga	Vegetação herbáceo-arbustiva
4	669266	7874336	E – SE	< 5°	820	Encosta. Canga com fragmentos de filitos ferruginosos e quartzitos	Vegetação arbustivo-herbácea aberta
5	669025	7873870	E – SE	5° - 20°	843	Encosta. Afloramentos de filitos ferruginosos, lagedos ou blocos, blocos de canga	Vegetação esparsa, predominantemente herbácea, com arvoretas dispersas
6	668065	7898720	E – SE	5° - 20°	1142	Crista estreita, rochosa e pedregosa	Vegetação esparsa, predominantemente herbácea, com arvoretas dispersas
7	668070	7898566	S – SW	20° - 30	1112	Crista estreita, rochosa e pedregosa	Vegetação herbáceo-arbustiva, com arvoretas dispersas
9	668711	7897211	NE – E	5° - 20°	976	Encosta. Canga couraçada e fragmentos de filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a arbustivo-herbáceo aberta
11	681617	7879434	N – NE	5° - 20°	868	Encosta, próximo a um curso d'água. Canga contínua, com pequenos fragmentos de filitos e quartzitos, transportados	Vegetação herbácea com raras arvoretas esparsas
15	671644	7888203	NE – E	5° - 20°	1023	Crista. Afloramentos e fragmentos de quartzitos e filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a herbáceo-arbórea baixa aberta

<b>P</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>Face de exposição (1)</b>	<b>D</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Características gerais dos terrenos</b>	<b>Características gerais da vegetação</b>
						(intercalados)	
18	671666	7888212	NE – E	5° - 20°	1013	Crista. Afloramentos e fragmentos de quartzitos e filitos ferruginosos (intercalados)	Vegetação herbácea a herbáceo-arbórea baixa aberta
19	671810	7888357	N – NE	5° - 20°	938	Encosta, terreno inclinado. Blocos de canga, filitos ferruginosos e quartzitos.	Vegetação arbórea baixa, com muitas candeias

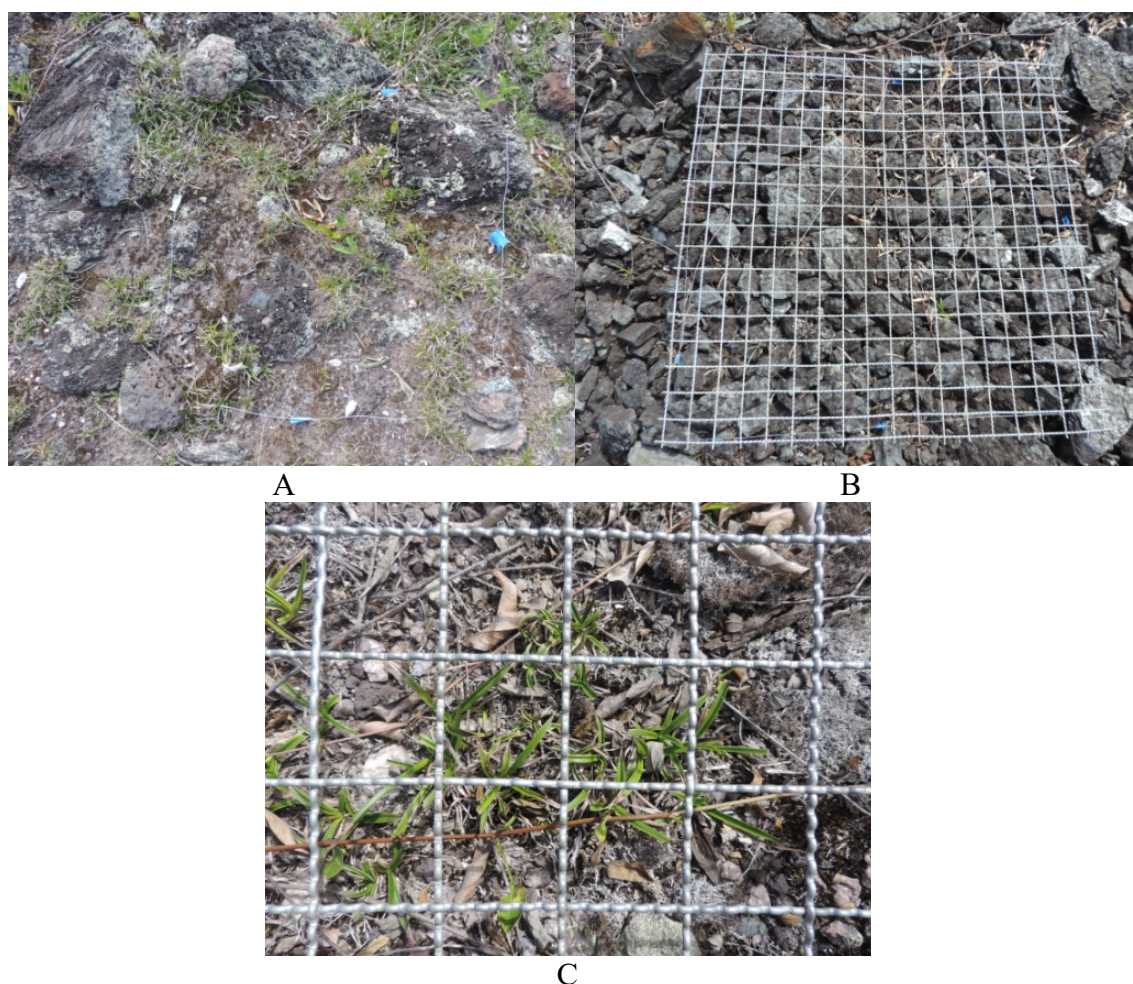
(1) E-leste, SE-sudeste, SW-sudoeste, N-norte, NE- nordeste)

As parcelas foram subdivididas em 10 setores de 100 m<sup>2</sup>, a fim de facilitar o caminhar, a identificação e a quantificação dos indivíduos. Os indivíduos presentes de todas as espécies foram identificados e contados. Das espécies com reprodução vegetativa (algumas orquídeas, Poaceae e Cyperaceae), cada grupo isolado foi considerado como um único indivíduo. Nos setores onde se registrou a presença de *Barbacenia delicatula*, subparcelas de 1 m<sup>2</sup> (1 m x 1 m) foram demarcadas para a avaliação da porcentagem de cobertura de solo pela espécie (Figura 2).



**Figura 2** – Representação esquemática da parcela (levantamento da comunidade), setores e subparcelas (levantamento da espécie de interesse) adotadas no estudo de *Barbacenia delicatula*.

A cobertura da espécie *B. delicatula*, que é herbácea, foi estimada com um gabarito de metal de 1 m<sup>2</sup>, dividido em quadrículas de 25 cm<sup>2</sup> (5 cm x 5 cm). O percentual de cobertura foi determinado a partir do número de quadrículas ocupadas pela espécie (Figura 3).



**Figura 3** - Em A: Subparcela de 1 m x 1 m demarcada na primeira campanha de campo, na propriedade III. Em B: Gabarito quadriculado colocado sobre o local de lançamento da sub-parcela 1m x 1m, na Propriedade I. Em C: Detalhe da ocupação das quadrículas pela *Barbacenia delicatula*.

## 2.2 Análises da vegetação

A partir dos dados de campo foram calculados os valores absolutos e relativos de densidade (D), frequência (F), abundância (Ab) e o valor de importância, além dos índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) (SHANNON; WEAVER, 1949), de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) (PIELOU, 1975; MAGURRAN, 2004) e de dominância de Simpson (C) (BROWER; ZAR, 1984). Todos os parâmetros fitossociológicos foram calculados em planilhas Excel (Microsoft) e com o auxílio do *software* Mata Nativa (FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006).

A diversidade florística de uma área é maior quanto maior for o valor de  $H'$  (SCOLFORO, 2006). A equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) varia de 0 a 1, sendo que quanto mais

próximo de 1 maior a diversidade e maior a uniformidade nas proporções de espécies na comunidade. Alta diversidade florística expressa em alta equabilidade indica que não há dominância de uma ou poucas espécies na comunidade investigada.

O índice de similaridade de Sorensen (SO) foi utilizado para calcular a similaridade florística entre as parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

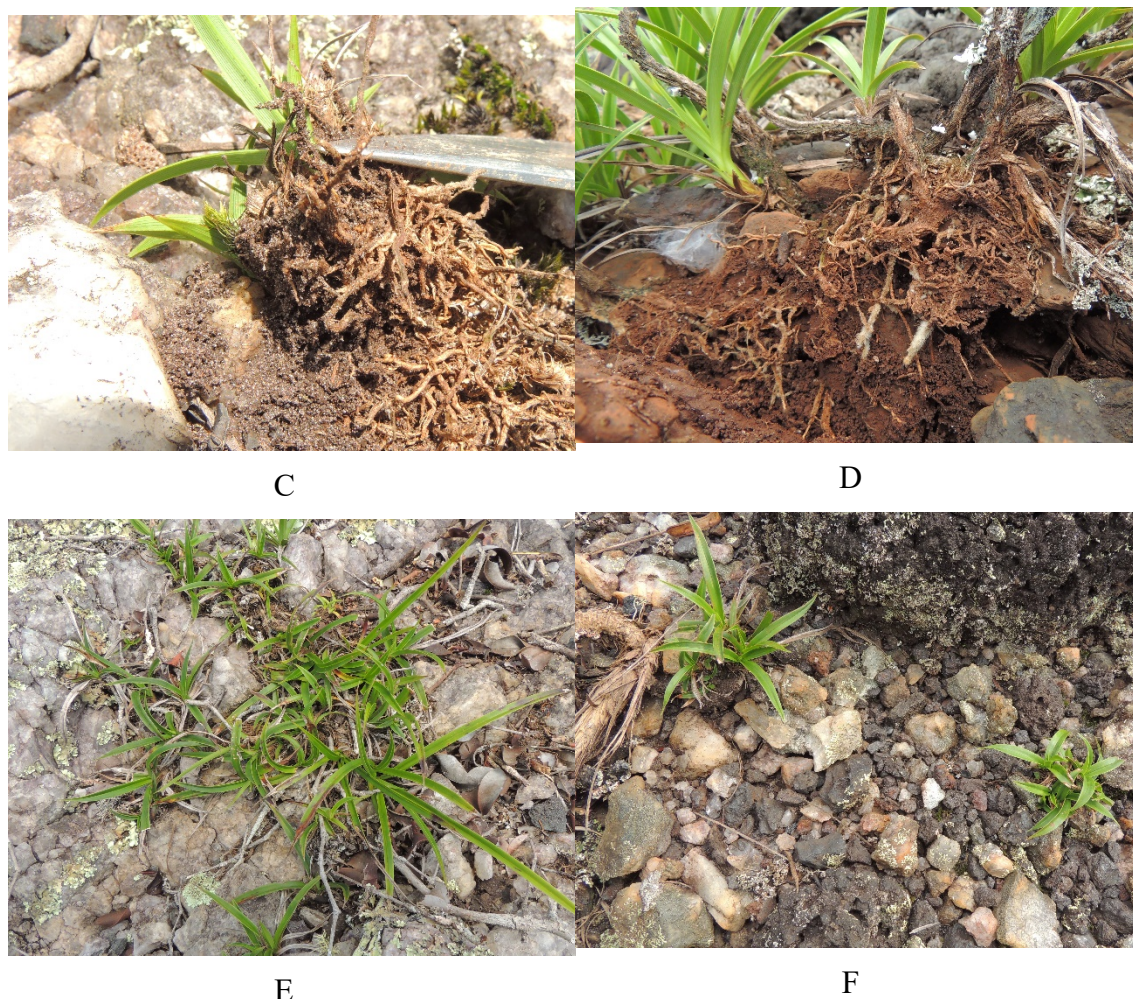
### 3. RESULTADOS

A espécie *B. delicatula* foi encontrada em locais com altitude variando de 820 a 1142 m, com acúmulo de detritos, entre blocos de rocha, nas fraturas, nos afloramentos rochosos, ou mesmo associada a cupins. A espécie está presente em pequenos grupos de dois ou mais indivíduos; ou em grandes populações em fisionomias herbáceas, herbáceas-arbóreas ou arbóreas abertas; em áreas totalmente expostas ou em porções protegidas, e sombreadas pelo menos durante parte do dia. Os sistemas radiculares das plantas ocupam uma parte considerável do pequeno volume de solo ou de material orgânico presente no ambiente dos campos rupestres. Os terrenos em que se desenvolvem são variados, predominando áreas pedregosas com fragmentos de filitos ferruginosos, com ou sem quartzitos, ou afloramentos de filitos ferruginosos ou quartzitos, ou ainda áreas com cangas contínuas ou concrecionárias (Figura 4).



A

B



**Figura 4** – Imagens de *Barbacenia delicatula* nas parcelas: (A) próxima a um termiteiro, (B) em área úmida e sombreada na base de um afloramento de rocha, sistema radicular de indivíduos em (C) e (D), (E) indivíduos em afloramentos de quartzitos com intercalações de filitos ferruginosos e (F) indivíduos em área de calhaus e cascalhos de filitos ferruginosos.

Nas 12 parcelas de estudo foram encontrados 17.954 indivíduos de 87 espécies (0,00725 espécies/m<sup>2</sup>), pertencentes a 37 famílias. As famílias com maior número de espécies foram Fabaceae (9 espécies), Velloziaceae (7), Melastomataceae (6), Myrtaceae (5) e Malpighiaceae (4). (material suplementar 1).

As 10 espécies com o maior valor de importância (VI), associadas a *B. delicatula*, foram *Apochloa euprepes* (Poaceae, 2.885 indivíduos), *Vellozia* sp. (Velloziaceae, 2.154), *Periandra mediterranea* (Fabaceae, 2.214), *Rhynchospora setigera* (Cyperaceae, 1.136), *Vellozia ramosissima* (Velloziaceae, 742), *Eremanthus incanus* (Asteraceae, 761), *Cuphea ericoides* (Lythraceae, 592), *Dyckia concepcionensis* (Bromeliaceae, 527),

*Stachytarpheta glabra* (Verbenaceae, 520), *Microstachys hispida* (Euphorbiaceae, 435) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Parâmetros fitossociológicos das 10 espécies com maior valor de importância associadas à *Barbacenia delicatula*

Família	Espécies	Dr	Fr	ABr	VI
Poaceae	<i>Apochloa euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	16,0688	2,3952	12,554	10,3393
Velloziaceae	<i>Vellozia</i> sp.	11,9973	1,7964	12,497	8,7636
Fabaceae	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	12,3315	2,3952	9,6341	8,1203
Velloziaceae	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	11,8971	3,5928	6,1965	7,2288
Cyperaceae	<i>Rhynchospora setigera</i> (Kunth) Boeckeler	6,3273	1,1976	9,8865	5,8038
Velloziaceae	<i>Vellozia ramosissima</i> L.B.Sm.	4,1328	1,497	5,166	3,5986
Asteraceae	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	4,2386	3,5928	2,2076	3,3463
Lythraceae	<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schlech.	3,2973	2,3952	2,5761	2,7562
Bromeliaceae	<i>Dyckia concepcionensis</i> O.B.C. Ribeiro & Leme	2,9353	1,497	3,6691	2,7005
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	2,8963	2,0958	2,586	2,5260
Euphorbiaceae	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	2,4229	2,994	1,5143	2,3104

Dr = densidade relativa; Fr = frequência relativa; ABr; abundância relativa; VI = valor de importância

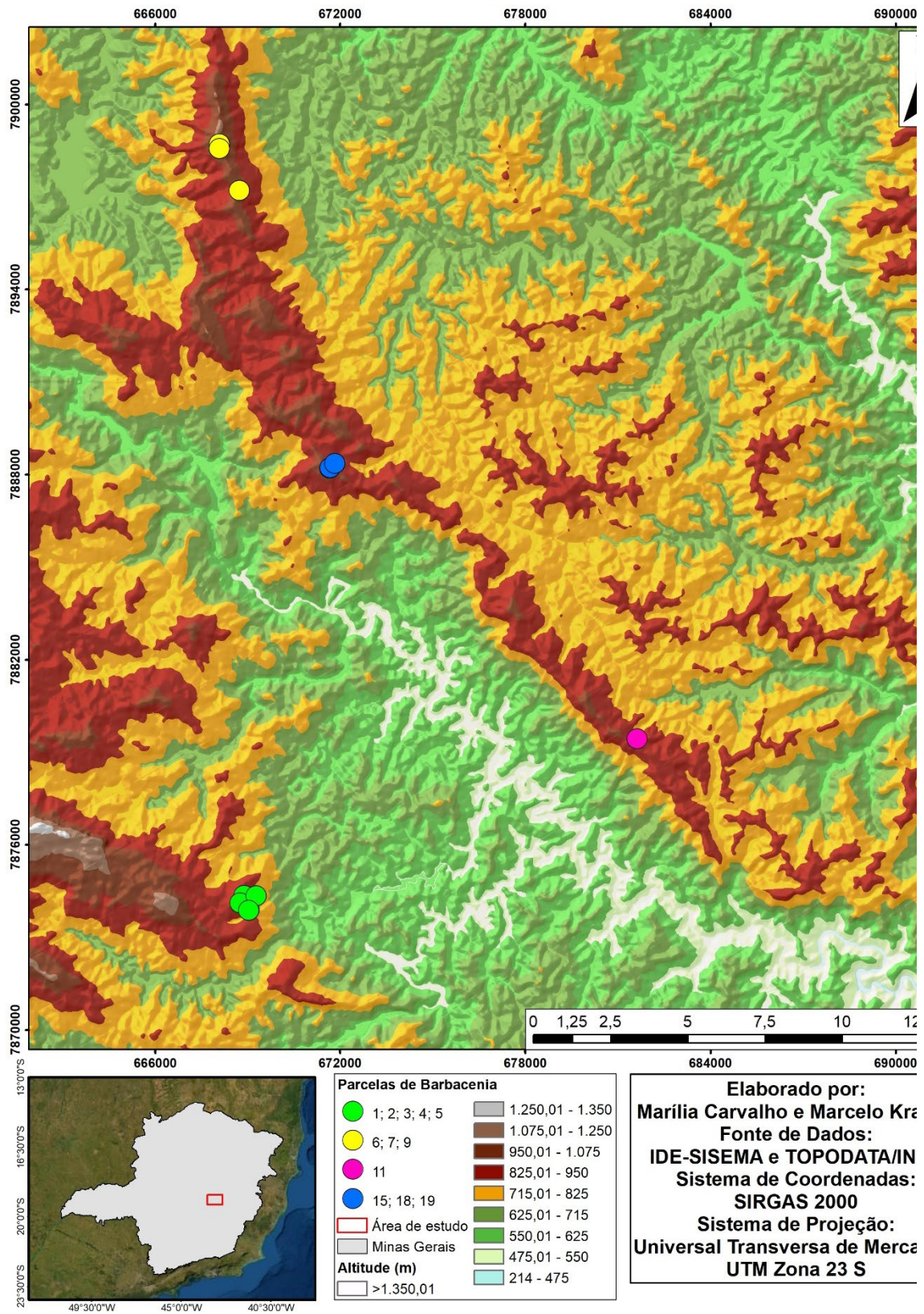
O índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), a equabilidade de Pielou ( $J'$ ) e o índice de dominância de Simpson ( $C$ ) verificados no conjunto de parcelas foi de 2,98, 0,67 e 0,92, respectivamente. O índice de similaridade de Sørensen médio entre as parcelas foi 0,47, variando de 0,27 (entre as parcelas P6 e P11) a 0,76 (entre P15 e P18) (Tabela 2).

**Tabela 2** – Similaridade florística pelo método de Sorensen verificada considerando todas as espécies presentes nas parcelas de amostragem

Parcelas	1	2	3	4	5	6	7	9	11	15	18	19
1	1											
2	0,7	1										
3	0,63	0,72	1									
4	0,65	0,61	0,64	1								
5	0,72	0,7	0,67	0,74	1							

6	0,31	0,49	0,35	0,35	0,39	1						
7	0,4	0,53	0,41	0,38	0,39	0,66	1					
9	0,47	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,39	1				
11	0,43	0,43	0,48	0,53	0,47	0,27	0,33	0,33	1			
15	0,39	0,59	0,55	0,4	0,42	0,37	0,45	0,5	0,34	1		
18	0,41	0,58	0,49	0,42	0,35	0,38	0,44	0,43	0,31	0,76	1	
19	0,38	0,48	0,46	0,51	0,45	0,33	0,39	0,41	0,33	0,6	0,59	1

Por meio do modelo digital de elevação (MDE) pode ser observada a formação de quatro grupos conforme a localização das parcelas. As maiores similaridades observadas (acima de 60%) foram para parcelas de um mesmo grupo, ou seja, de parcelas próximas entre si. As cinco parcelas agrupadas em verde têm similaridade média de aproximadamente 67% e as parcelas agrupadas em amarelo e azul, três em cada grupo, têm similaridade média de aproximadamente 39%. A similaridade média da parcela 11 (em rosa) com as demais é de aproximadamente 40%. O MDE também possibilita a observação de que as parcelas se localizam nas partes mais altas dos terrenos em que foram alocadas, com altitudes variando de aproximadamente 825 a 1250 m (Figura 5).



**Figura 5** – Modelo digital de elevação da área de estudo de *B. delicatula*.

A riqueza média de espécies observada nas parcelas é de 27,83, os valores variam de 21 espécies na parcela 7 a 40 espécies na parcela 11. Já a altitude média observada é de 947 metros, com valores variando entre 820 metros na parcela 4 e 1142 metros na parcela 6. Um aumento na riqueza de espécies é observado com o aumento da altitude das parcelas (Tabela 3).

*B. delicatula* foi registrada em 52 dos 120 setores nas 12 parcelas. A cobertura proporcionada pela espécie variou entre 0,0900 % (Parcela 6) e 2,4550 % (Parcela 18). A porcentagem de cobertura média verificada foi de 0,7902 %, em uma área amostral de 1,2 ha (Tabela 3).

**Tabela 3** – Altitude, riqueza de espécies na parcela (S) e porcentagem de cobertura de *B. delicatula* por parcela

Parcela	Alt.	S	Quadrículas com a espécie presente	% de cobertura por parcela
6	1142	39	36	0,0900
5	843	22	67	0,1675
4	820	24	117	0,2925
7	1112	40	120	0,3000
15	1023	26	240	0,6000
19	938	27	265	0,6625
9	976	22	304	0,7600
11	868	21	306	0,7650
1	841	25	325	0,8125
3	905	29	433	1,0825
2	883	35	598	1,4950
18	1013	24	982	2,4550
<b>Média</b>	<b>947</b>	<b>27,83</b>	<b>316,0833</b>	<b>0,7902</b>

#### 4. DISCUSSÃO

Os campos rupestres estão entre os ecossistemas mais diversos do mundo (MUCINA, 2018; HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016), embora ainda existam muitas lacunas de conhecimento sobre a flora desses ambientes (RAPINI *et al.*, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2016).

O levantamento efetuado revelou que *B. delicatula* não se estabelece sobre a rocha nua, mas sim em fraturas ou entre os blocos de rochas, onde há algum acúmulo de sedimentos e matéria orgânica. Neste ambiente, a água precipitada escoar rapidamente e a baixa disponibilidade de nutrientes implicam em limitações que determinam que tais plantas cresçam mais lentamente ou desenvolvam adaptações para se estabelecerem. Adaptações fisiológicas e morfológicas que possibilitam o crescimento de plantas em condições adversas e similares à da espécie em estudo já foram pesquisadas (KUSTER; CASTRO; VALE, 2016) e estratégias nutricionais têm sido observadas em espécies de campos rupestres que ocupam permanentemente locais deficientes em nutrientes, como com baixa disponibilidade de P (OLIVEIRA *et al.*, 2015; ABRAHÃO *et al.*, 2019).

As velózias, chamadas popularmente de canelas-de-ema e outras espécies de Velloziaceae são conhecidas como “plantas da ressurreição” por terem a capacidade de tolerar uma intensa dessecação de suas folhas com posterior re-hidratação (CNM, 2015).

Condições de terreno como solos rasos, declives acentuados e alta radiação solar são os principais fatores responsáveis pela baixa disponibilidade de água e nutrientes neste ecossistema (GIULIETTI *et al.*, 1987). Um estudo com uma espécie do mesmo gênero (*Barbacenia purpurea* Hook) observou tolerância à dessecação de até 150 dias, após a suspensão da irrigação (FONTENELLE-ANDRADE; SANTIAGO; LOURO, 2015).

Estudo recente indicou um valor médio de 0,18 espécies/m<sup>2</sup> em inventário de uma área amostral na Serra do Espinhaço (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016), valor que supera a quantidade relatada no presente estudo (0,00725 espécies/m<sup>2</sup>). Por outro lado, estudos conduzidos na Serra do Cipó (GIULIETTI *et al.*, 1987) e Quadrilátero Ferrífero (JACOBI; CARMO, 2012; TEIXEIRA; LEMOS FILHO, 2013) indicaram número bem menor, e equivalentes a 1000, 30 e 100 vezes menor ao relatado aqui. Os citados estudos, assim como o presente, corroboram para o reconhecimento da grande variabilidade de riqueza de espécies verificada em áreas de campos rupestres.

As famílias com maior riqueza de espécies foram Fabaceae, Velloziaceae e Melastomataceae, nesta ordem, e estão também representadas em outros levantamentos florísticos em Campos Rupestres na Cadeia do Espinhaço (GIULIETTI; PIRANI, 1988; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016). No entanto, este

achado discorda um pouco do observado por Conceição *et al.* (2016), que verificaram o domínio da família Poaceae (25,3%) nos campos rupestres, seguido de Velloziaceae (17,0%) e Fabaceae (8,3%).

A família Myrtaceae, com riqueza de espécies comumente verificada nestes ambientes no Quadrilátero Ferrífero (JACOBI; CARMO, 2012) ocupa a quarta posição no presente estudo. Loranthaceae e Amaranthaceae, com alta riqueza verificada em estudo de Vincent (2004), não foram encontradas no presente estudo.

A espécie *A. euprepes*, a de maior valor de importância verificada neste estudo é herbácea e endêmica dos campos rupestres brasileiros, com ocorrências confirmadas na Bahia e em Minas Gerais (DIAS *et al.*, 2020).

O grande número de endemismos neste ambiente é confirmado pelo fato de 31 das 87 espécies encontradas serem endêmicas do nosso país. Das 10 espécies de maior valor de importância identificadas na área de estudo apenas três não são endêmicas do Brasil (*R. setigera*, *P. mediterrânea* e *M. hispida*), o que demonstra a especificidade do ambiente e a importância de sua conservação.

Em campos rupestres sobre itabirito e sobre quartzitos do Quadrilátero Ferrífero, foram verificados, respectivamente, valores de  $H'$  de 2,92 e 3,36, e de  $J'$  de 0,58 e 0,66 (MESSIAS *et al.*, 2012), sendo os valores de diversidade e equabilidade nas áreas com itabirito mais próximos aos verificados neste estudo, áreas igualmente muito ricas em ferro. Em campos rupestres sobre quartzito do “complexo serra da Bocaina”, também em Minas Gerais, o índice  $H'$  e a similaridade de Sørensen variaram, respectivamente, de 2,91 a 3,73 e de 11 a 31% nos campos sem afloramentos e de 3,08 a 3,63 e de 23 a 43% nos afloramentos (ANDRADE, 2013), estando o valor de diversidade (2,98) em campos sem afloramentos mais próximo ao aqui encontrado e o de similaridade (47%) mais próximo aos campos sobre afloramentos.

Uma maior similaridade entre as parcelas amostrais deste estudo demonstra tendência de presença das mesmas espécies junto a *B. delicatula*, já que em um terço das comparações efetuadas, a similaridade foi superior aos 50 %. Ainda que uma parte significativa das parcelas amostrais sejam similares, encontra-se alta diversidade entre as espécies que não são comuns entre elas, o que é comprovado pelo baixo índice de

dominância de Simpson ( $C = 0,92$ ), demonstrando tendência de um grupo de espécies coabitando com *B. delicatula*, mas também uma grande variação nas que não são comuns.

As cinco espécies dominantes em termos de cobertura de solo verificada em estudos comparativos de campos rupestres da Serra do Espinhaço, Chapada Diamantina e Quadrilátero Ferrífero foram duas Poaceae, duas Velloziaceae e uma Asteraceae, sendo que *Barbacenia blanchetii* Goethart ; Henrard apareceu em décimo primeiro lugar, indicando ser essa uma cobertura importante de espécies do gênero nestes ambientes (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016). A porcentagem de cobertura da espécie do gênero *Barbacenia* foi de aproximadamente 3% para áreas de campo rupestre sobre afloramento rochoso e de 0,1% para área de campo rupestre com vegetação mais aberta (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016), sendo a cobertura aqui encontrada (aproximadamente 0,8%) mais próxima ao valor verificado para a área de campo rupestre mais aberta. Em afloramentos rochosos no nordeste do Brasil, espécies de Velloziaceae endêmicas e tolerantes à dessecação também foram apontadas como de grande valor de cobertura para os ambientes (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007).

## 5. CONCLUSÃO

A família Velloziaceae está entre aquelas com maiores taxas de endemismo na Cordilheira do Espinhaço. *Barbacenia delicatula* é uma espécie de Velloziaceae que além de endêmica dos campos rupestres encontra-se ameaçada de extinção., sendo alvo do presente estudo que se propôs a agregar mais informações sobre a fitossociologia das comunidades em que a espécie se desenvolve e da porcentagem de cobertura do solo atribuída a esta rara e pouco conhecida espécie.

O estudo ratificou o alto endemismo destes ambientes sendo que das 87 espécies encontradas 31 são endêmicas e das 10 espécies com maior VI apenas três não são endêmicas do Brasil. Os índices de diversidade de Shannon-Weaver e equabilidade encontrados são próximos aos encontrados para áreas de itabirito no Quadrilátero Ferrífero, áreas estas igualmente muito ricas em ferro. A diversidade e a similaridade verificadas nas parcelas foram similares às encontradas para campos rupestres sobre quartzito do “complexo serra da Bocaina”, também em Minas Gerais.

A porcentagem de cobertura média de *B. delicatula* na área amostral foi de 0,7902%, valor de cobertura inferior ao encontrado para áreas de afloramento rochoso em estudo com espécie do mesmo gênero, mas superior ao verificado para áreas de campo rupestre mais aberto. A alta similaridade entre as parcelas associada ao baixo valor de dominância demonstra tendência de um grupo de espécies coabitando com *B. delicatula*, mas também uma grande variação nas espécies que não são comuns.

O presente estudo é um passo importante para uma melhor compreensão das comunidades associadas a esta espécie ameaçada de extinção dos campos rupestres brasileiros, buscando fornecer, informações e subsídios para auxiliar na conservação contínua da espécie e servir como modelo para estudos futuros de espécies ameaçadas de extinção e suas comunidades nos campos rupestres.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, A. *et al.* Vellozioid roots allow for habitat specialization among rock- and soil-dwelling Velloziaceae in campos rupestres. **Functional Ecology**, v. 34, p. 442–457, 2019.

ALVES, R; KOLBEK, J. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera?. **Plant Ecology**, v. 207, p. 67-79, 2010. DOI 10.1007/s11258-009-9654-8.

ALVES, R. J. V *et al.* Circumscribing campo rupestre – megadiverse brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355-362, 2014.

ANDRADE, E. A. de. **Composição florística e estrutura da vegetação de campo rupestre sobre quartzito no Complexo Serra da Bocaina-MG**. 2013. 91 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1449>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BITENCOURT, C. *et al.* The worrying future of the endemic flora of a tropical mountain climate change. **Flora**, v. 218, p. 1-10, fev. 2016. DOI 10.1016/j.flora.2015.11.001.

BOLDRINI, I. I.; OBERBECK, G. E. Estudos fitossociológicos em vegetação campestre. *In*: EISENLOHR, P. V. *et al.* **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos (volume II)**. Viçosa, MG: UFV, 2015. p. 228-249.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. Dubuque: W. C. Brown Publishers, 1984.

BRASIL. Centro Nacional de Conservação da Flora. **Barbacenia delicatula in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Barbacenia delicatula](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Barbacenia%20delicatula). Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 110, 18 dez. 2014a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 121, 18 dez. 2014b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 126, 18 dez. 2014c.

CNM. **Algumas Características das plantas sobre as rochas**. [Niterói, RJ]: Clube Niteroiense de Montanhismo, 2015. Disponível em: <https://www.niteroiense.org.br/algumas-caracteristicas-das-plantas-sobre-as-rochas/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres

na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 193-206, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rod/v58n1/2175-7860-rod-58-01-0193.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CONCEIÇÃO, A. A. *et al.* Rupestrian grassland vegetation, diversity, and origin. *In*: FERNANDES, G.W. (ed.). **Ecology and Conservation of Mountain-top Grasslands in Brasil**. Cham: Springer, 2016. p. 105-123.

DIAS, K. N. L. *et al.* **Apochloa in Flora do Brasil 2020 em construção**. [Rio de Janeiro, RJ]: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12980>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FERNANDES, G. W. *et al.* Challenges for the conservation of vanishing megadiverse rupestrian grasslands. **Natureza & Conservação**, v. 12, n. 2, p. 162-165, 2014. DOI 10.1016/j.ncon.2014.08.003.

FERNANDES, G. W. The megadiverse rupestrian grassland. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 3-14.

FONTENELLE-ANDRADE, I. **Alterações ultraestruturais de Folhas de *Barbacenia purpurea* Hook (Velloziaceae)**. 2018. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Software Mata Nativa**. Versão 4.08. Viçosa, MG: CIENTEC Ambiental, 2006. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 9, p. 1-151, 1987. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v9i0p1-151.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. *In*: VANZOLINI, P. E.; HEYER, W. R. (ed.). **Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 39-69.

HOPPER, S. D.; SILVEIRA, F. A. O.; FIEDLER, P. L. Biodiversity hotspots and Ocbil theory. **Plant and Soil**, v. 403, p. 167-216, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2764-2.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. (ed.). **Floristic Diversity of the Quadrilátero Ferrífero Cangas**. Belo Horizonte: IDM, 2012.

KUSTER, V. C.; CASTRO, S. A. B.; VALE, F. H. A. Morphological and physiological responses of three plant species occurring in distinct altitudes in the Neotropical savannah. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 1039-1049, 2016. DOI 10.1007/s40415-016-0294-7.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la Estructura Florística de la parte sur - Oriental del Bosque Universitario "El Caimital", Estado Barinas. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 7, n. 10-11, p. 77-119, 1964.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blakwell Publishing, 2004.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A (org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. ISBN 9788588742581.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991.

MELLO-SILVA, R. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Velloziaceae. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 27, n. 1, p. 109-118, 2009. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v27i1p109-118.

MELLO-SILVA, R. *et al.* Five vicarious genera from Gondwana: the Velloziaceae as shown by molecules and morphology. **Annals of Botany**, v. 108, n. 1, p. 87-102, 2011. DOI 10.1093/aob/mcr107.

MELLO-SILVA, R. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Velloziaceae. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p. 259-262, 2018. DOI 10.1590/2175-7860201869125.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrops sites, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 255-268, 2011. Disponível: <https://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn01311022011%20ISSN%201676-0603>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 230-242, 2012. DOI 10.1590/S0102-33062012000100022.

MOTA, N. M. *et al.* Driving forces along an altitudinal gradient in the regeneration component of the rupestrian grassland complex at Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 845-860, 2016.

MUCINA, L. Vegetation of Brazilian campos rupestre on siliceous substrates and their global analogues. **Flora**, v. 238, p. 11-23, jan. 2018. DOI 10.1016/j.flora.2017.06.007.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

NEGREIROS, D. *et al.* CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments. **Plant Ecology**, v. 215, p. 379-388, 2014. DOI

10.1007/s11258-014-0302-6.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, v. 205, n. 3, p. 1183-1194, 2015. DOI 10.1111/nph.13175.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

PUGLIESE, L.; RAPINI, A. Tropical refuges with high phylogenetic diversity reveal contrasting phylogenetic structures. **International Journal of Biodiversity**, v. 2015, 2015. DOI 10.1155/2015/758019.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 15-23, dez. 2008. Disponível: [http://www.inot.org.br/artigo/Rapini\\_et\\_al\\_2008\\_A\\_flora\\_dos\\_campos\\_rupestres\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Espinhaco.pdf](http://www.inot.org.br/artigo/Rapini_et_al_2008_A_flora_dos_campos_rupestres_da_Cadeia_do_Espinhaco.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

RIBEIRO, P. L. *et al.* Spatial analyses of the phylogenetic diversity of *Minaria* (Apocynaceae): assessing priority areas for conservation in the Espinhaço Range, Brazil. **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p. 317-331, 2012. DOI 10.1080/14772000.2012.705356.

RIBEIRO, P. L. *et al.* Plant diversification in the Espinhaço Range: insights from the biogeography of *Minaria* (Apocynaceae). **Taxon**, v. 63, p. 1253-1264, 2014. DOI 10.12705/636.16.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: The University of Illinois Press, 1949.

SILVEIRA, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, p. 129-152, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2637-8.

TEIXEIRA, W. A.; LEMOS FILHO, J. P. A flórua rupestre do Pico de Itabirito, Minas Gerais, Brasil: lista das plantas vasculares. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 31, n. 2, p. 199-230, 2013. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v31i2p199-230.

VEGAS-VILARRÚBIA, T.; NOGUÉ, S.; RULL, V. Global warming, habitat shifts and potential refugia for biodiversity conservation in the neotropical Guayana Highlands. **Biological Conservation**, v. 152, p. 159-168, 2012. DOI 10.1016/j.biocon.2012.03.036.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre vegetação e o solo em áreas de campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2004. 145 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

WISER, S. K.; PEET, R. K.; WHITE, P. S. Prediction of rare-plant occurrence: a southern

Appalachian example. **Ecological Applications**, v. 8, p. 909-920, 1998. DOI 10.1890/1051-0761(1998)008[0909:PORPOA]2.0.CO;2.

ZAPPI, D. C. *et al.* Lista das plantas vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 21, n. 2, p. 345-398, 2003. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v21i2p345-398.

## 7. MATERIAL SUPLEMENTAR

1 – Lista de espécies encontradas na amostra organizada em ordem alfabética de famílias e de espécies com os respectivos números de parcelas (P) em que estiveram presentes, número de indivíduos (N) encontrados e os valores absolutos (abs) e relativos (rel) de densidade (D.), frequência (F.) e abundância (AB)

Famílias	Espécies	P	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
Apocynaceae	<i>Ditassa aequicymosa</i> E.Fourn.	1	2	1,67	0,0111	8,33	0,2994	2,00	0,0696
	<i>Mandevilla pycnantha</i> (Steud. ex A.DC.) Woodson.	1	15	12,50	0,0835	8,33	0,2994	15,00	0,5222
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia smilacina</i> (Klotzsch) Duch.	4	9	7,50	0,0501	33,33	1,1976	2,25	0,0783
Asteraceae	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	12	761	634,17	4,2386	100,00	3,5928	63,42	2,2076
	<i>Senecio clausenii</i> Decne.	1	10	8,33	0,0557	8,33	0,2994	10,00	0,3481
	<i>Trixis vauthieri</i> DC.	6	41	34,17	0,2284	50,00	1,7964	6,83	0,2379
Bromeliaceae	<i>Cryptanthus ferrarius</i> Leme & Paula	7	180	150,00	1,0026	58,33	2,0958	25,71	0,8952
	<i>Dyckia concepcionensis</i> O.B.C. Ribeiro & Leme	5	527	439,17	2,9353	41,67	1,4970	105,40	3,6691
	<i>Dyckia</i> sp.	1	34	28,33	0,1894	8,33	0,2994	34,00	1,1836
Cactaceae	<i>Cipocereus minensis</i> (Werderm.) Ritter	2	40	33,33	0,2228	16,67	0,5988	20,00	0,6962
	<i>Pilosocereus aurisetus</i> (Werderm.) Byles & G.D.Rowley	3	88	73,33	0,4901	25,00	0,8982	29,33	1,0211
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera regalis</i> Saddi	2	20	16,67	0,1114	16,67	0,5988	10,00	0,3481

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
Convolvulaceae	<i>Evolvulus scoparioides</i> Mart.	1	4	3,33	0,0223	8,33	0,2994	4,00	0,1392
Cyperaceae	<i>Rhynchospora setigera</i> (Kunth) Boeckeler	4	1136	946,67	6,3273	33,33	1,1976	284,00	9,8865
Ericaceae	<i>Agarista coriifolia</i> (Thumb.) Hook.f. ex Nied.	2	11	9,17	0,0613	16,67	0,5988	5,50	0,1915
	<i>Gaylussacia retusa</i> Mart. ex Meisn.	2	13	10,83	0,0724	16,67	0,5988	6,50	0,2263
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	1	1	0,83	0,0056	8,33	0,2994	1,00	0,0348
Euphorbiaceae	<i>Astraea comosa</i> (Müll.Arg.) B.W.van Ee	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	10	435	362,50	2,4229	83,33	2,9940	43,50	1,5143
Fabaceae	<i>Aeschynomene vogelii</i> Rudd	2	32	26,67	0,1782	16,67	0,5988	16,00	0,557
	<i>Calliandra fasciculata</i> Benth.	6	179	149,17	0,9970	50,00	1,7964	29,83	1,0385
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	10	227	189,17	1,2643	83,33	2,9940	22,70	0,7902
	<i>Chamaecrista choriophylla</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	3	12	10,00	0,0668	25,00	0,8982	4,00	0,1392
	<i>Chamaecrista debilis</i> (Vogel)	2	4	3,33	0,0223	16,67	0,5988	2,00	0,0696

Famílias	Espécies	P	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
	H.S.Irwin & Barneby								
	<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	1	1	0,83	0,0056	8,33	0,2994	1,00	0,0348
	<i>Galactia martii</i> DC.	1	5	4,17	0,0278	8,33	0,2994	5,00	0,1741
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	8	2214	1845,00	12,3315	66,67	2,3952	276,75	9,6341
	<i>Senna reniformis</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
Gesneriaceae	<i>Nematanthus strigillosus</i> (Mart.) H.E. Moore	1	2	1,67	0,0111	8,33	0,2994	2,00	0,0696
	<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.	1	2	1,67	0,0111	8,33	0,2994	2,00	0,0696
Humiriaceae	<i>Vantanea obovata</i> (Nees & Mart.) Benth.	1	4	3,33	0,0223	8,33	0,2994	4,00	0,1392
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	1	3	2,50	0,0167	8,33	0,2994	3,00	0,1044
Lamiaceae	<i>Cyanocephalus lippoides</i> (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore	1	10	8,33	0,0557	8,33	0,2994	10,00	0,3481
	<i>Eriope macrostachya</i> Mart. ex Benth.	1	18	15,00	0,1003	8,33	0,2994	18,00	0,6266
Lauraceae	<i>Persea rufotomentosa</i> Nees & C. Mart.	5	50	41,67	0,2785	41,67	1,4970	10,00	0,3481
Lythraceae	<i>Cuphea ericoides</i> Cham. &	8	592	493,33	3,2973	66,67	2,3952	74,00	2,5761

Famílias	Espécies	P	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
	Schlech.								
	<i>Cuphea lutescens</i> Koehne	4	101	84,17	0,5625	33,33	1,1976	25,25	0,879
	<i>Lafoensia pacari</i> Saint-Hilaire	4	36	30,00	0,2005	33,33	1,1976	9,00	0,3133
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	4	40	33,33	0,2228	33,33	1,1976	10,00	0,3481
	<i>Byrsonima variabilis</i> A. Juss.	6	46	38,33	0,2562	50,00	1,7964	7,67	0,2669
	<i>Heteropterys eglandulosa</i> A. Juss	10	101	84,17	0,5625	83,33	2,9940	10,10	0,3516
	<i>Peixotoa tomentosa</i> A.Juss.	7	47	39,17	0,2618	58,33	2,0958	6,71	0,2337
Malvaceae	<i>Pavonia viscosa</i> A.St.-Hil.	1	23	19,17	0,1281	8,33	0,2994	23,00	0,8007
	<i>Pseudobrickellia brasiliensis</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	6	182	151,67	1,0137	50,00	1,7964	30,33	1,056
Melastomataceae	<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.	2	2	1,67	0,0111	16,67	0,5988	1,00	0,0348
	<i>Clidemia urceolata</i> DC.	3	3	2,50	0,0167	25,00	0,8982	1,00	0,0348
	<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	2	34	28,33	0,1894	16,67	0,5988	17,00	0,5918
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	1	7	5,83	0,0390	8,33	0,2994	7,00	0,2437
	<i>Miconia</i> sp.	5	57	47,50	0,3175	41,67	1,4970	11,40	0,3969
	<i>Pleroma heteromalla</i> D. Don (D.Don)	6	143	119,17	0,7965	50,00	1,7964	23,83	0,8297

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	8	34	28,33	0,1894	66,67	2,3952	4,25	0,1479
	<i>Eugenia lagoensis</i> Kiaersk.	1	2	1,67	0,0111	8,33	0,2994	2,00	0,0696
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	5	19	15,83	0,1058	41,67	1,4970	3,80	0,1323
	<i>Myrcia variabilis</i> DC.	7	163	135,83	0,9079	58,33	2,0958	23,29	0,8106
	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	1	3	2,50	0,0167	8,33	0,2994	3,00	0,1044
Ochnaceae	<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Ness) Engl.	6	38	31,67	0,2117	50,00	1,7964	6,33	0,2205
Orchidaceae	<i>Acianthera prolifera</i> (Herb. ex Lindl.) Pridgeon & M. W. Chase	6	423	352,50	2,3560	50,00	1,7964	70,50	2,4542
	<i>Bifrenaria tyrianthina</i> (Lodd.) Rchb.f.	1	3	2,50	0,0167	8,33	0,2994	3,00	0,1044
	<i>Cattleya concepcionensis</i> (V.P.Castro & Campacci) Van den Berg	2	2	1,67	0,0111	16,67	0,5988	1,00	0,0348
	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
Pentaphragaceae	<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	6	54	45,00	0,3008	50,00	1,7964	9,00	0,3133
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus klotzschianus</i> Müll.Arg.	2	5	4,17	0,0278	16,67	0,5988	2,50	0,087
Poaceae	<i>Apochloa euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	8	2885	2404,17	16,0688	66,67	2,3952	360,63	12,554

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
	<i>Axonopus laxiflorus</i> (Trin.) Chase	2	84	70,00	0,4679	16,67	0,5988	42,00	1,4621
	<i>Axonopus pellitus</i> (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase	2	47	39,17	0,2618	16,67	0,5988	23,50	0,8181
	<i>Trichantheium distichophyllum</i> (Spreng.) Zuloaga & Morrone	5	231	192,50	1,2866	41,67	1,4970	46,20	1,6083
Polygonaceae	<i>Coccoloba acrostichoides</i> Cham.	3	51	42,50	0,2841	25,00	0,8982	17,00	0,5918
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis minarum</i> (Weath.) Salino	1	15	12,50	0,0835	8,33	0,2994	15,00	0,5222
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem & Schult.	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
Pteridaceae	<i>Cheilanthes goyazensis</i> (Taub.) Domin, Biblioth.	2	45	37,50	0,2506	16,67	0,5988	22,50	0,7833
	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	10	294	245,00	1,6375	83,33	2,9940	29,40	1,0235
Rubiaceae	<i>Psyllocarpus laricoides</i> Mart. & Zucc.	1	3	2,50	0,0167	8,33	0,2994	3,00	0,1044
	<i>Remijia ferruginea</i> (A.St. Hil.) D.C.	7	156	130,00	0,8689	58,33	2,0958	22,29	0,7758
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
Smilacaceae	<i>Smilax oblongifolia</i> Pohl ex Griseb.	3	8	6,67	0,0446	25,00	0,8982	2,67	0,0928

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
Velloziaceae	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	12	2136	1780,00	11,8971	100,00	3,5928	178,00	6,1965
	<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	2	5	4,17	0,0278	16,67	0,5988	2,50	0,087
	<i>Barbacenia gentianoides</i> Taub. ex Goethart & Henrard	1	10	8,33	0,0557	8,33	0,2994	10,00	0,3481
	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera	10	68	56,67	0,3787	83,33	2,9940	6,80	0,2367
	<i>Vellozia compacta</i> Mart. ex Schult. & Schult. f.	1	3	2,50	0,0167	8,33	0,2994	3,00	0,1044
	<i>Vellozia ramosissima</i> L.B.Sm.	5	742	618,33	4,1328	41,67	1,4970	148,40	5,166
	<i>Vellozia</i> sp.	6	2154	1795,00	11,9973	50,00	1,7964	359,00	12,497
Verbenaceae	<i>Lippia origanoides</i> Kunth.	8	218	181,67	1,2142	66,67	2,3952	27,25	0,9486
	<i>Lippia pseudothea</i> (A.St.-Hil.) Schauer	1	8	6,67	0,0446	8,33	0,2994	8,00	0,2785
	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	7	520	433,33	2,8963	58,33	2,0958	74,29	2,586
Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp.	2	3	2,50	0,0167	16,67	0,5988	1,50	0,0522
<b>Total Geral</b>			<b>17954</b>	<b>14961,67</b>	<b>100,0000</b>	<b>2783,33</b>	<b>100,0000</b>	<b>2872,61</b>	<b>100,0000</b>

2- Parâmetros utilizados no estudo fitossociológico (LAMPRECHT, 1964; MUELLER-DUMBOIS; ELLENBERG, 1974; MARTINS, 1991)

Parâmetro	Fórmula	Convenção
Densidade Absoluta	$D = \frac{n_i}{A}$	$n_i = n^0$ de indivíduos amostrados da espécie $i$ $A =$ área amostrada
Densidade Relativa	$DR = \frac{100n_i}{N}$	$n_i = n^0$ de indivíduos amostrados da espécie $i$ $N = n^0$ total de indivíduos amostrados na área
Frequência Absoluta	$F = \frac{100nq_i}{nQ}$	$nq_i = n^0$ de parcela em que a espécie $i$ ocorre $nQ = n^0$ de parcelas examinadas
Frequência Relativa	$FR = \frac{100F}{FA}$	$F =$ frequência absoluta da espécie $i$ $FA =$ somatório das frequências absolutas
Abundância absoluta	$ABU = \frac{n_i}{u_i}$	$n_i = n^0$ de indivíduos amostrados da espécie $i$ $u_i = n^0$ de unidades amostrais que contém a espécie $i$
Abundância Relativa	$ABR = \frac{ABU_i 100}{ABU_t}$	$ABU_i =$ abundância da espécie $i$ $ABU_t =$ abundância total das espécies
		Em que:
		$VI i =$ valor de importância da $i$ -ésima espécie
Valor de importância	$VI i (\%) = \frac{(Fr i + Dr i + ABR i)}{3}$	$Fr i =$ frequência relativa da $i$ -ésima espécie $Dr i =$ densidade relativa da $i$ -ésima espécie $ABR i =$ abundância relativa da $i$ -ésima espécie

**Similaridade de Sorensen (SO)** (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; BROWER; ZAR, 1984; MAGURRAN, 1988)

$$SO_{ij} = \frac{2c}{a + b}$$

Em que:

$a$  = número de espécies ocorrentes na *comunidade 1* ,

$b$  = número de espécies ocorrentes na *comunidade 2* ,

$c$  = número de espécies comuns às *duas comunidades*.

**Diversidade de Shannon Weaver ( $H'$ )** (SHANNON; WEAVER, 1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Em que,

- $p_i = n_i/N$ ;
- $n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$ ;
- $N$  = número total de indivíduos;
- $S$  = número de espécies.

**Dominância de Simpson ( $C$ )** (BROWER; ZAR, 1984).

$$l = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}; \quad C = 1 - l$$

Em que,

- $l$  = medida de dominância;
- $C$  = índice de dominância de Simpson;
- $n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$ ;
- $N$  = número total de indivíduos;
- $S$  = número total de espécies.

**Equabilidade de Pielou ( $J'$ )** (PIELOU, 1975; MAGURRAN, 2004)

Este índice é expresso pela seguinte fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\text{máximo}}}$$

Em que:

- $H'$  máximo =  $\ln(S)$  diversidade máxima possível que pode ser observada se todas as espécies apresentarem igual abundância;
- $S$  = número total de espécies.

**ARTIGO III – PROPOSTO**

**COMUNIDADE VEGETAL E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE *Vellozia*  
*ramosissima* L.B.Sm., VELLOZIACEAE ENDÊMICA DOS CAMPOS  
RUPESTRES DA SERRA DO ESPINHAÇO, BRASIL**

## RESUMO

Compreender a dinâmica das populações de plantas é essencial para promover a conservação das espécies e seus habitats. *Vellozia ramosissima* L.B.Sm., é uma Velloziaceae endêmica dos campos rupestres brasileiros. O objetivo deste trabalho foi a avaliação fitossociológica da comunidade vegetal associada à *V. ramosissima*, espécie endêmica dos campos rupestres brasileiros, e analisar a dinâmica de desenvolvimento de uma amostra populacional da espécie, afim de contribuir para o conhecimento de dados quantitativos a respeito da estrutura fitossociológica dos campos rupestres, sobretudo de plantas endêmicas deste ambiente. Para avaliar as comunidades vegetais e analisar a dinâmica de populações da espécie foram lançadas 12 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> em áreas naturais de campos rupestres na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra do Espinhaço. As espécies foram identificadas, quantificadas e calculadas a frequência, a densidade, a abundância e o valor de importância. Por meio de subparcelas de 9 m<sup>2</sup> os indivíduos de *V. ramosissima* foram avaliados em duas medições consecutivas (intervalo de 1 ano aproximadamente) conforme três estágios de desenvolvimento: plântulas, juvenis e adultos. Dezesesseis mil e novecentos e sessenta e um indivíduos de 90 espécies, incluindo 40 famílias, foram encontrados nas 12 parcelas. As famílias com mais espécies foram Velloziaceae (8 espécies), Fabaceae (7), Asteraceae (6), Malpighiaceae (5) e Myrtaceae (5). Na avaliação dos indivíduos de *V. ramosissima* nas subparcelas foram encontrados 999 indivíduos, 490 adultos, 422 juvenis e 87 plântulas. A variação do número de indivíduos verificada entre as duas medições foi de 144 indivíduos, com o decréscimo de 64 adultos e o acréscimo de 182 juvenis e 29 plântulas. Em sete das 12 parcelas o número de adultos é maior em relação aos demais estágios. A variação do número de indivíduos entre as duas medições denota perda no potencial reprodutivo das populações no intervalo de um ano e a renovação das populações pois um número considerável de plântulas e indivíduos jovens foram adicionados, convergente com um padrão de distribuição normal na dinâmica das populações da espécie. As informações agregadas com o presente estudo podem ser utilizadas como ferramentas para auxiliar na conservação contínua da espécie e de seu habitat tão específico, evitando assim sua extinção.

**Palavras-chave:** Biodiversidade ... Vegetação de montanha ... Sustentabilidade da

vegetação natural ... Fitossociologia ... Dinâmica de populações... Campos rupestres ...  
Velloziaceae ... Espinhaço Meridional

## 1. INTRODUÇÃO

A vegetação dos campos rupestres possui uma ampla variedade de comunidades vegetais adaptadas à heterogeneidade da paisagem montanhosa em diferentes microambientes variando desde uma formação campestre até uma florestal (REZENDE, 2013). Além disso, com níveis variados de tolerância a restrições ambientais, como disponibilidade de água, temperatura, exposição ao vento e fatores relacionados ao solo, como profundidade, textura e disponibilidade de nutrientes (NEGREIROS *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2016).

A alta riqueza florística dos campos rupestres e a persistência de linhagens antigas que continuam a se diversificar nessas áreas, faz dessa vegetação a terceira mais antiga paisagem infértil com buffer climático (*OCBIL*) em termos de riqueza de plantas (HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016).

Velloziaceae está entre as famílias com maior riqueza de espécies dos campos rupestres (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016), com taxas de endemismo de cerca de 70% na porção mineira da Cordilheira do Espinhaço (MELLO-SILVA, 2009). A família tem mais de 260 espécies divididas em cinco gêneros, *Acanthochlamys* P.C.Kao, *Barbacenia* Vand., *Barbaceniopsis* L.B.Sm., *Vellozia* Vand. e *Xerophyta* Juss. (MELLO-SILVA *et al.*, 2011). No Brasil ocorrem os gêneros *Barbacenia* e *Vellozia*, com um total de 221 espécies (MELLO-SILVA, 2018).

O gênero *Vellozia* tem uma distribuição predominantemente neotropical, com centro de diversidade nos campos rupestres da Serra do Espinhaço, tanto em rochas quartzíticas como ferruginosas (MELLO-SILVA, 1996). Espécies do gênero, conhecidas no Brasil como Canelas-de-ema ou Candombás (MIRANDA, 2012), apresentam hábito rupícola e adaptações morfofisiológicas (RAPINI *et al.*, 2008), que permitem seu estabelecimento e sobrevivência nesses ambientes restritos, apesar das grandes variações de temperatura, baixa fertilidade do solo e estresse hídrico (MENEZES, 1984). Essas espécies são suscetíveis à extinção, principalmente pela ação humana, por serem representadas por populações pequenas e restritas (MENEZES; GIULIETTI, 2000).

A espécie *Vellozia ramosissima* L.B.Sm. ocorre com frequência sobre os afloramentos rochosos quartzíticos e ferruginosos na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, estando bem representada nestes dois ambientes (VIEIRA, 2015). A espécie

apresenta hábito dracenoide, ou arborescente, devido ao contínuo acúmulo de bainhas foliares imbricadas, que formam uma estrutura denominada caudex. O caudex é formado pelas bainhas secas e as raízes desenvolvem-se no interior

No estudo da vegetação a fitossociologia é uma ferramenta indispensável para a compreensão da composição (BOLDRINI; OBERBECK, 2015), assim como para proposição de projetos conservação e de recuperação de áreas degradadas, possibilitando o conhecimento das espécies presentes, da sua proporção, distribuição e de suas associações (MESSIAS *et al.*, 2011). Entretanto, poucos são os estudos quantitativos sobre a flora de campos rupestre (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007).

As iniciativas de proteção de espécies ameaçadas da flora tornam fundamental um conhecimento mais detalhado das comunidades e das populações de plantas, principalmente das espécies mais vulneráveis. A maioria das espécies endêmicas dos campos rupestres possuem pequenas áreas de distribuição e sua sobrevivência depende da proteção de suas populações, ao invés de indivíduos isoladas (ALVES; KOLBEK, 1994).

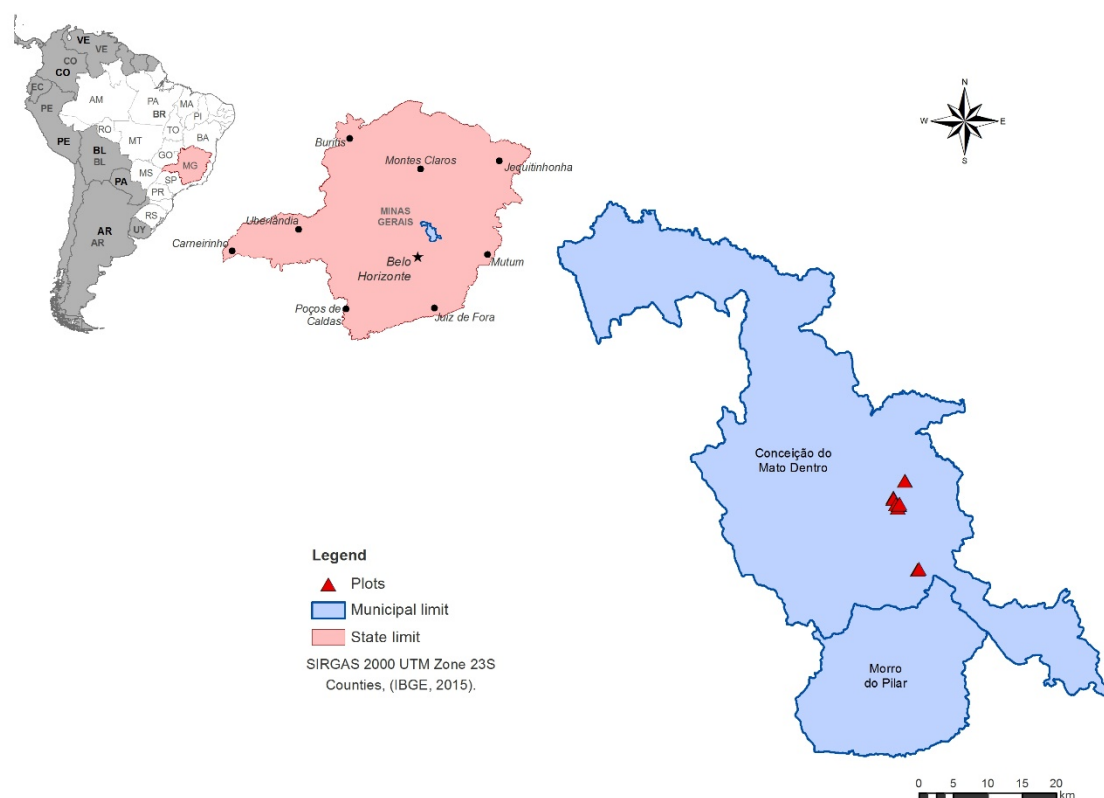
Estudos científicos que permitam agregar informações que auxiliem os processos compensatórios, de conservação e de recuperação de áreas de flora endêmica são indispensáveis para a efetiva proteção de espécies, e atenuação das ameaças e riscos de extinção. O grande desafio na proteção destes ambientes é encontrar o conjunto delicado de condições que permita a remontagem do ambiente natural das comunidades vegetais, dada a heterogeneidade e especificidade dos micro ambientes em que estas se desenvolvem (ALVES, 1994; SILVEIRA *et al.*, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi a avaliação fitossociológica da comunidade vegetal associada à *V. ramosissima*, espécie endêmica dos campos rupestres brasileiros, e análise da dinâmica de desenvolvimento de uma amostra populacional da espécie, afim de contribuir para o conhecimento de dados quantitativos a respeito da estrutura fitossociológica dos campos rupestres, sobretudo de plantas endêmicas deste ambiente.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo e levantamento da comunidade e dos indivíduos de *Vellozia ramosissima*

O estudo foi realizado no município de Conceição do Mato Dentro, localizado na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra do Espinhaço, em uma faixa climática subtropical quente, com diversos microclimas relacionados a fatores topográficos (Figura 1). A região divide as bacias dos rios São Francisco e Doce e apresenta temperatura média anual de, aproximadamente, 18 °C e precipitação anual variando entre 850 e 1.400 mm.



**Figura 1** - Localização das parcelas amostrais no município de Conceição do Mato Dentro, na região central de Minas Gerais, no extremo leste da Serra Meridional de Espinhaço. Triângulos vermelhos indicam a localização das parcelas.

Por meio do método de amostragem seletiva ou preferencial (WISER, 1998), foram estabelecidas 12 parcelas de 1.000 m<sup>2</sup> cada (20 m × 50 m) em áreas de ocorrência natural de *V. ramosissima*. Duas campanhas de campo foram realizadas, uma entre julho e outubro de 2017, e outra no mês de junho de 2018. Um estudo prévio de ocorrência de espécies usando dados de inventários pré-existentes e levantamentos *in loco* nas áreas a pé (estudo não publicado) serviu como base para a escolha dos locais de lançamento das parcelas. Os critérios primários para a alocação das parcelas incluíram a facilidade de

acesso e o fato de serem áreas de conservação para compensação ambiental. Essas áreas destinam-se à preservação ambiental como compensação pela intervenção econômica em outras áreas com vegetação semelhante, sendo uma exigência da legislação ambiental brasileira para alguns empreendimentos de mineração na região. As características gerais dos terrenos e da vegetação, as coordenadas geográficas, as informações de altitude, de face de exposição ao sol e a declividade de cada parcela estão apresentados no Quadro 1.

- 1 Quadro 1 - Características gerais dos terrenos e da vegetação em cada parcela (P), coordenadas geográficas (E N), informações de altitude  
2 (A), face de exposição e declividade (D).

<b>P</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>Face de exposição (1)</b>	<b>D</b>	<b>A (m)</b>	<b>Características gerais dos terrenos</b>	<b>Características gerais da vegetação</b>
6	668065	789872 0	E – SE	5° - 20°	1142	Crista estreita, rochosa e pedregosa	Vegetação esparsa, predominantemente herbácea, com arvoretas dispersas
7	668070	789856 6	S – SW	20° - 30	1112	Crista estreita, rochosa e pedregosa	Vegetação herbáceo-arbustiva, com arvoretas dispersas
8	668478	789774 0	E – SE	5° - 20°	1025	Encosta. Canga couraçada e fragmentos de filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a herbáceo-arbustiva aberta
9	668711	789721 1	NE – E	5° - 20°	976	Encosta. Canga couraçada e fragmentos de filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a arbustivo-herbáceo aberta
10	668720	789725 1	NE – E	5° - 20°	975	Encosta. Canga couraçada e fragmentos de filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a arbustivo-herbáceo aberta
12	668902	789767 9	NE – E	< 5°	932	Encosta. Fragmentos de filitos ferruginosos, canga concrecionada ou contínua	Vegetação herbácea ou herbáceo-arbustiva
13	668915	789764 6	N – NE	< 5°	939	Encosta. Fragmentos de filitos ferruginosos, canga concrecionada ou contínua	Vegetação herbácea ou herbáceo-arbustiva
14	668984	789785 0	NE – E	< 5°	909	Encosta. Fragmentos de filitos ferruginosos, canga concrecionada ou contínua	Vegetação herbácea ou herbáceo-arbustiva
15	671644	788820 3	NE – E	5° - 20°	1023	Crista. Afloramentos e fragmentos de quartzitos e filitos ferruginosos	Vegetação herbácea a herbáceo-arbórea baixa aberta

						(intercalados)	
16	669806	790109 2	E – SE	< 5°	715	Encosta. Canga contínua ou concrecionada, fragmentos de filitos ferruginosos e mais escassos de quartzitos	Vegetação herbácea ou arbustivo-arbórea baixa
17	669791	790114 9	E – SE	< 5°	717	Encosta. Canga contínua ou concrecionada, fragmentos de filitos ferruginosos e mais escassos de quartzitos	Vegetação herbácea ou arbustivo-arbórea baixa
19	671810	788835 7	N – NE	5° - 20°	938	Encosta, terreno inclinado. Blocos de canga, filitos ferruginosos e quartzitos.	Vegetação arbórea baixa, com muitas candeias

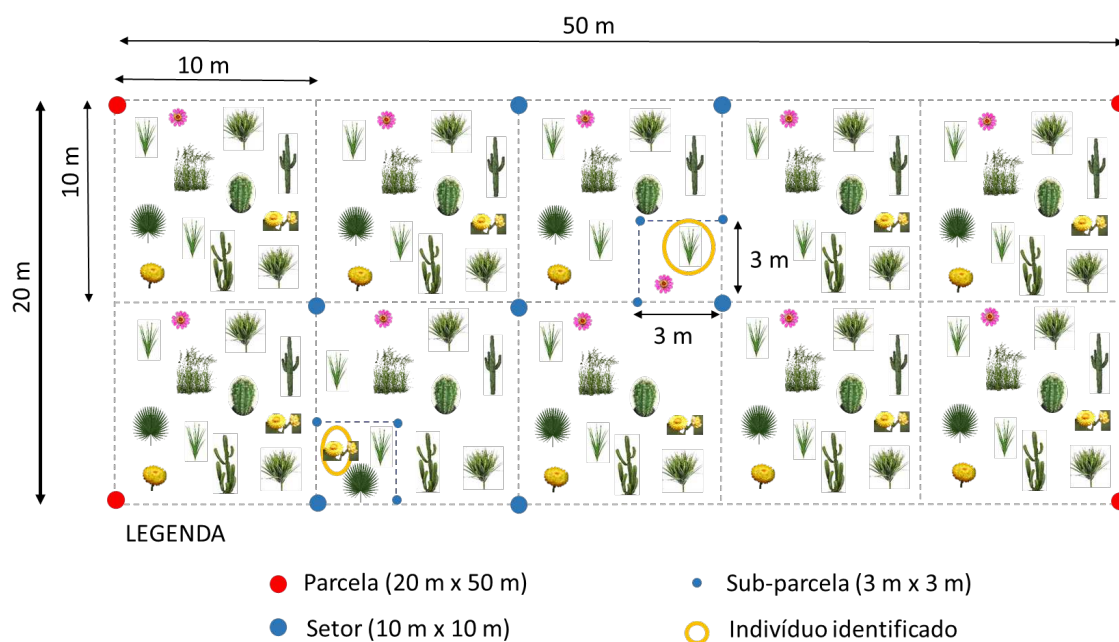
1

1: (E-leste, SE-sudeste, SW-sudoeste, N-norte, NE- nordeste)

Cada parcela foi subdividida em 10 setores de 100 m<sup>2</sup>, buscando facilitar o caminhar, a identificação e a quantificação dos indivíduos de cada espécie. Para as espécies com reprodução vegetativa (algumas orquídeas, Poaceae e Cyperaceae), cada grupo isolado foi considerado como um indivíduo.

Os parâmetros fitossociológicos calculados a partir do inventário de campo foram calculados em planilhas de cálculo Excel (Microsoft), com o auxílio do *software* Mata Nativa (FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006). Foram calculados os valores absolutos e relativos de densidade (D), frequência (F), abundância (Ab) e o valor de importância.

Em cada setor, foram lançadas subparcelas de 9 m<sup>2</sup> (3 m x 3 m; Fig. 2) para a avaliação da dinâmica de desenvolvimento dos indivíduos de *V. ramosissima* em duas medições consecutivas.



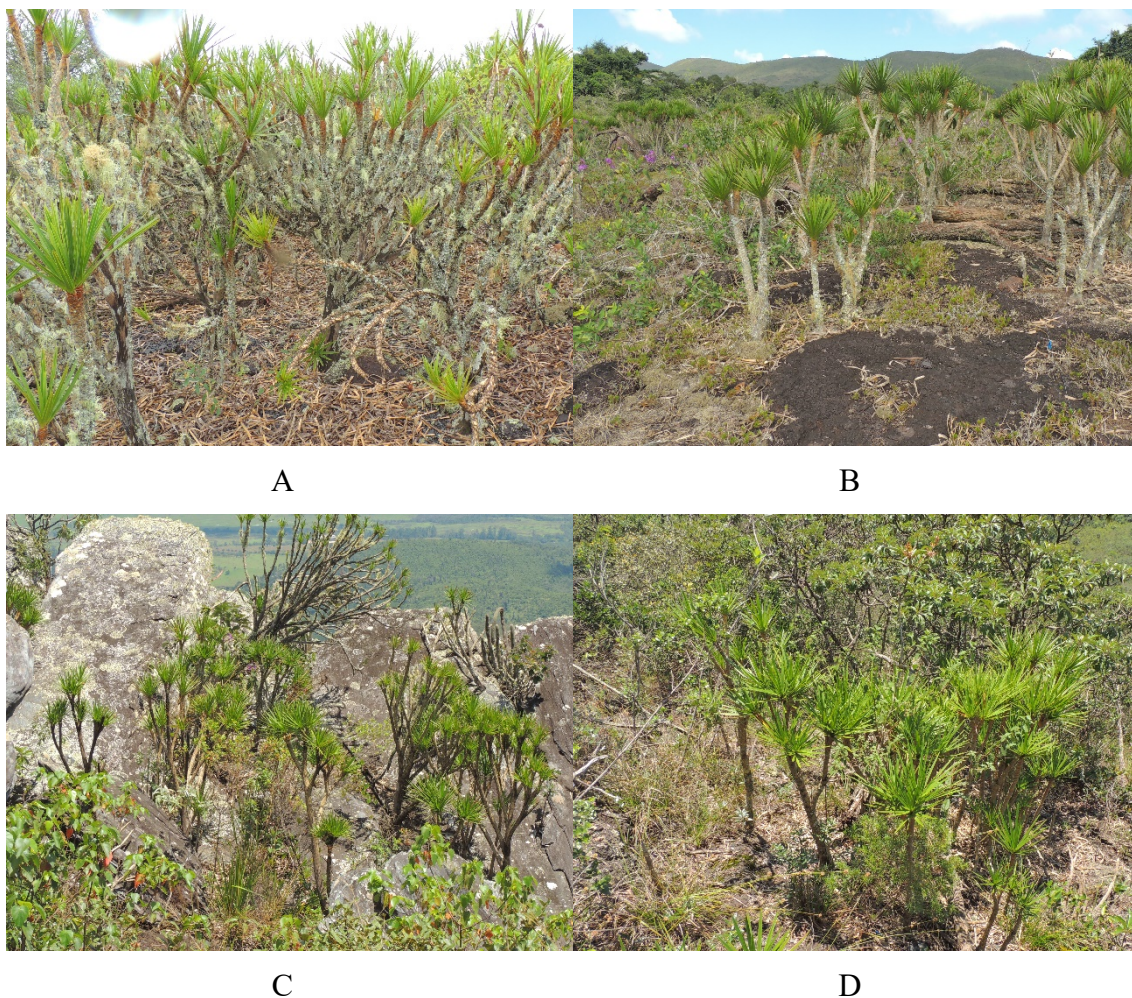
**Figura 2** - Representação esquemática da parcela (levantamento da comunidade), setores e subparcelas (levantamento da espécie de interesse) adotadas no estudo de *Vellozia ramosissima*.

Nas subparcelas, os indivíduos de *V. ramosissima*, medidos e contados, foram agrupados em três estágios de desenvolvimento: plântulas, correspondendo a indivíduos pequenos com poucas folhas e sem formação de caudex; juvenis, os indivíduos com caudex e sem indícios de floração; e adultos, aqueles indivíduos com frutos secos de frutificações anteriores.

### 3. RESULTADOS

A espécie *V. ramosissima* vegeta nas vertentes orientais da serra da Serpentina, das porções inferiores à crista, em segmentos pouco a medianamente declivosos (até 30°) em altitudes variáveis entre 715 e 1.142 m de altitude.

Em campo nota-se que os indivíduos da espécie formam quase sempre agrupamentos numerosos nas fisionomias herbáceas ou herbáceo-arbustivas mais abertas, enquanto nas fisionomias arbustivo-arbóreas, ocorrem isoladas ou em pequenos grupos (Figura 3).



**Figura 3** - Ocorrência de *V. ramosissima* em uma fitocenose heterogênea em área de vertente ampla da serra do Sapo, voltada para o oriente, um mosaico de manchas herbáceas, herbáceo-arbustivas e arbustivo-arbóreas baixas (A e B). A espécie também

é observada em afloramentos de rochas ferríferas bandadas na crista da serra do Sapo (C) e em comunidade herbácea a arbórea baixa (D).

Os indivíduos foram observados em terrenos variados, como em afloramentos de rochas ferríferas bandadas ou não (filitos), em terrenos pedregosos de fragmentos de filitos ferruginosos com ou sem quartzitos e nas cangas couraçadas contínuas ou concrecionárias. A presença de indivíduos também foi diagnosticada entre os blocos de rocha ou de canga, nos acúmulos de material detrítico (sedimentos e restos vegetais), substratos rudimentares e arenosos, quase sempre associados a colônias de térmitas. Nas áreas com grupos mais numerosos, proporcionam a formação de uma camada fina e descontínua de folhedo (Figura 54).



A

B



C

D

**Figura 5** – Indivíduos juvenis de *V. ramosissima* em um substrato pedregoso em área de canga couraçada (A), raízes de um indivíduo adulto em uma encosta com substrato pedregoso, formado por fragmentos de filitos e quartzitos com matriz arenosa (B); indivíduo juvenil em substrato de calhaus e cascalhos de filitos ferruginosos (C), e camada de folheto formada em áreas com mais indivíduos (D).

Nas 12 parcelas (área total da amostra: 12.000 m<sup>2</sup>) amostradas foram observados 16.961 indivíduos (1,41 indivíduo/m<sup>2</sup>), pertencentes a 90 espécies (0,0075 espécies/m<sup>2</sup>) e 40 famílias. As famílias com mais espécies foram Velloziaceae (8 espécies), Fabaceae (7), Asteraceae (6), Malpighiaceae (5) e Myrtaceae (5) (Material Suplementar 1).

As 10 espécies com o maior valor de importância (VI) identificadas além de *Vellozia ramosissima* (Velloziaceae, 4706 indivíduos) foram: *Vellozia minima* (Poaceae, 1765), *Apochloa euprepes* (Poaceae, 1663), *Rhynchospora setigera* (Cyperaceae, 645), *Microstachys hispida* (Euphorbiaceae, 1295), *Evolvulus scoparioides* (Convolvulaceae, 530), *Dyckia concepcionensis* (Bromeliaceae, 570), *Eremanthus incanus* (Asteraceae, 520), *Acianthera prolifera* (Orchidaceae, 502), *Barbacenia delicatula* (Velloziaceae, 409) (Tabela1).

**Tabela 1** - Parâmetros fitossociológicos das 10 espécies com maior valor de importância associadas à *Vellozia ramosissima*

Família	Espécie	Dr	Fr	ABr	VI
Velloziaceae	<i>Vellozia ramosissima</i> L.B.Sm.	27,7460	3,6364	14,2692	15,2172
	<i>Vellozia minima</i> Pohl	10,4062	1,5152	12,8441	8,2552
Poaceae	<i>Apochloa euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	9,8048	1,8182	10,0849	7,2360
Cyperaceae	<i>Rhynchospora setigera</i> (Kunth) Boeckeler	3,8028	0,6061	11,7343	5,3811
Euphorbiaceae	<i>Microstachys hispida</i> (Mart ) Govaerts	7,6352	3,3333	4,2836	5,0840
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	3,6554	2,4242	2,8199	2,9665
Convolvulaceae	<i>Evolvulus scoparioides</i> Mart.	3,1248	1,5152	3,8569	2,8323
Bromeliaceae	<i>Dyckia concepcionensis</i> O.B.C. Ribeiro & Leme	3,3607	2,4242	2,5925	2,7925

Asteraceae	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	3,0659	3,6364	1,5767	2,7596
Orchidaceae	<i>Acianthera prolifera</i> (Herb. ex Lindl.) Pridgeon & M. W. Chase	2,9597	2,4242	2,2832	2,5557
Velloziaceae	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	2,4114	1,5152	2,9763	2,3010

Dr = densidade relativa; FR = frequência relativa; ABr; abundância relativa; VI = valor de importância

Especificamente com relação à *V. Ramosissima*, foram identificados 4.706 indivíduos nas 12 parcelas lançadas (0,3921 indivíduos/ m<sup>2</sup>). Há tendência de maior riqueza nas parcelas quanto maior for a altitude. Em relação ao número de indivíduos de *V. ramosissima* não foi possível observar uma relação com a riqueza das parcelas ou com a altitude (Tabela 2).

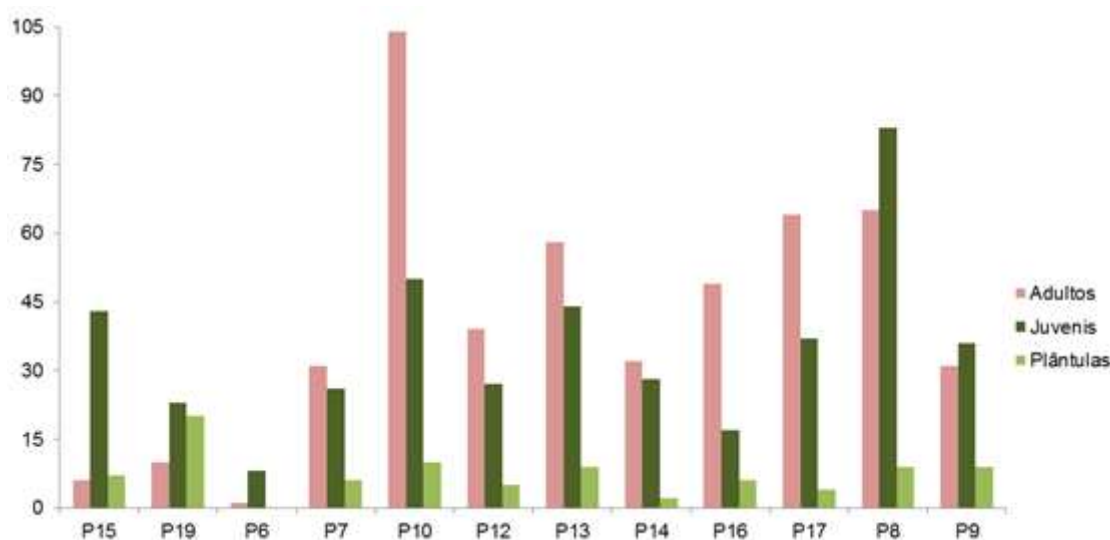
**Tabela 2** – Altitude, riqueza de espécies (S) e número de indivíduos (N) de *V. ramosissima* por parcela

Parcela	Altitude (m)	S	N
6	1142	39	9
7	1112	40	138
8	1025	20	1391
9	976	22	442
10	975	26	599
12	932	35	340
13	939	29	644
14	909	32	215
15	1023	26	113
16	715	14	318
17	717	20	457
19	938	27	40
<b>Total</b>		<b>90</b>	<b>4706</b>
<b>Média</b>	<b>950,25</b>	<b>27,5</b>	<b>392,16</b>

Na avaliação das subparcelas de 9 m<sup>2</sup> para a verificação da dinâmica de desenvolvimento dos indivíduos foram registrados 855 indivíduos de *V. ramosissima* na primeira contagem (557 adultos, 240 juvenis e 58 plântulas) e 999 indivíduos na segunda

contagem (490 adultos, 422 juvenis e 87 plântulas), com intervalo de aproximadamente 1 ano entre um campo e outro. A variação do número de indivíduos verificada entre as duas medições foi de 144 indivíduos, com o decréscimo de 64 adultos, o acréscimo de 182 juvenis e 29 plântulas (Tabela 3).

De maneira geral, a distribuição dos indivíduos conforme seus estágios de desenvolvimento é de, aproximadamente, 49 % de adultos, 42 % de juvenis e 9 % de plântulas. Em sete das 12 parcelas, o número de adultos é maior em relação aos demais estágios; em três parcelas a predominância é de juvenis, e em apenas uma parcela predomina plântulas (Figura 5).



**Figura 5** – Distribuição dos indivíduos de *Vellozia ramosissima* conforme o estágio de desenvolvimento por parcela.

O número de indivíduos de *V. ramosissima* varia entre 9 a 164 por parcela. O número de indivíduos adultos varia de 1 a 104, enquanto o de juvenis varia de 8 a 83 e o de plântulas de 0 a 20 (Tabela 3).

**Tabela 3** – Distribuição dos indivíduos de *Vellozia ramosissima* conforme os estágios de desenvolvimento, contados nas subparcelas em duas campanhas de campo (C1 e C2) em um intervalo de, aproximadamente um ano

Parcela	Nº de subparcelas de 9 m <sup>2</sup>	C1		C2 – C1	A1		J1		P1		P2
		C1	C2		A1	A2	J1	J2	P1	P2	
6	1	9	9	0	0	1	9	8	0	0	
7	4	54	63	9	37	31	12	26	5	6	

8	9	139	157	18	60	65	66	83	13	9
9	7	60	76	16	45	31	9	36	6	9
10	9	146	164	18	109	104	25	50	12	10
12	9	67	71	4	50	39	16	27	1	5
13	10	96	111	15	67	58	20	44	9	9
14	10	56	62	6	33	32	19	28	4	2
15	2	43	56	13	13	6	28	43	2	7
16	10	65	72	7	54	49	6	17	5	6
17	9	85	105	20	67	64	17	37	1	4
19	3	35	53	18	22	10	13	23	0	20
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>855</b>	<b>999</b>	<b>144</b>	<b>557</b>	<b>490</b>	<b>240</b>	<b>422</b>	<b>58</b>	<b>87</b>

A: número de indivíduos adultos, J: número de indivíduos juvenis, P: número de plântulas, N: número de indivíduos.

#### 4. DISCUSSÃO

Os campos rupestres estão entre os ecossistemas mais diversos do mundo (MUCINA, 2018; HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016), embora ainda existam muitas lacunas de conhecimento sobre a flora presente nesses ambientes (RAPINI *et al.*, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2016). Apesar de serem reconhecidos como uma unidade florística, é notável a heterogeneidade dos habitats desses campos, muito influenciada pelas características geomorfológicas dos terrenos, o que resulta em expressivas variações entre as comunidades de plantas ou mesmo na estrutura das próprias comunidades (CONCEIÇÃO; GIULIETTI, 2002).

No presente estudo, as velloziaceas ocorreram em habitats de substratos variados, formados por terrenos recobertos por fragmentos de filitos ferruginosos, e em afloramentos de filitos e de rochas ferríferas. As comunidades em que a *V. ramosissima* se insere englobam espécies de porte variando entre herbácea, herbáceo-arbórea e arbórea.

Condições de terreno como locais com solos rasos, declives acentuados e alta radiação solar são os principais fatores responsáveis pela baixa disponibilidade de água e nutrientes neste ecossistema (GIULIETTI *et al.*, 1987). Além e, por causa disso,

adaptações morfológicas e fisiológicas foram sendo desenvolvidas ao longo da evolução destas espécies e assim possibilitaram a sobrevivência nestes ambientes restritos (RAPINI *et al.*, 2008).

Espécies de velloziaceae possuem estruturas responsáveis pela retenção da água e artifícios para suportar altas temperaturas durante o dia com maior intensidade de radiação solar e noites frias, todas estas condições lhes conferem um aspecto característico de xeromorfismo (LARCHER 1995; RAPINI *et al.*, 2008). O ciclo vegetativo de *V. ramosissima* exhibe renovação contínua e de baixa intensidade da folhagem ao longo do ano (BATISTA *et al.*, 2017), uma característica ligada a adaptação ao déficit hídrico, ou seja, uma estratégia de resistência a seca (FONSECA, 2012). A maioria das espécies nestes ambientes apresentam característica semidecidual, retendo a cobertura do dossel, mesmo no final da estação seca (GARCIA; BARROS; LEMOS FILHO, 2017).

A riqueza de espécies verificada em áreas de campos rupestres é muito variável sendo resultante da combinação de diferentes fatores edafoclimáticos como: nível de fragmentação da rocha, natureza do substrato, topografia, profundidade do solo e microclima (GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997; CONCEIÇÃO; GIULIETTI, 2002; JACOBI *et al.*, 2007). Enquanto uma riqueza de 0,18 espécies/m<sup>2</sup> foi inventariada na Serra do Espinhaço (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016), no presente estudo foi observada riqueza inferior, 0,0075 espécies/m<sup>2</sup>. Por outro lado, em outro estudo na mesma região (GIULIETTI *et al.*, 1987) encontraram riqueza mil vezes menor do que a do presente estudo. No Quadrilátero Ferrífero essa mesma redução comparativa foi 30 (JACOBI; CARMO, 2012) e 100 (TEIXEIRA; LEMOS FILHO, 2013) vezes menor do que a riqueza aqui verificada.

As famílias com maior riqueza de espécies foram Velloziaceae, Fabaceae e Asteraceae, convergente com outros levantamentos florísticos em campos rupestres na Cadeia do Espinhaço (GIULIETTI; PIRANI, 1988; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016), embora diferente quanto a posição de importância das famílias em termos de riqueza encontrado por Conceição *et al.* (2016), onde foi verificado predomínio da família Poaceae, seguida de Velloziaceae e Fabaceae. Em comparação com as famílias mais representativas do estudo das parcelas de *B.delicatula* (Capítulo II) há diferença na ordem de importância das famílias, tendo Fabaceae a maior

riqueza de espécies, seguida de Velloziaceae e Melastomataceae, e não por Asteraceae como aqui verificado. Observa-se então diferença entre as principais famílias associadas às duas espécies de Velloziaceae

Sessenta e cinco espécies dentre as 90 presentes nas parcelas deste estudo são endêmicas do Brasil. Das 10 espécies com maior valor de importância encontradas no estudo apenas três não são endêmicas do Brasil (*R. setigera*, *M. Hispida* e *A. prolifera*), o que demonstra a especificidade do ambiente e a importância de sua conservação.

A distribuição dos indivíduos de *V. ramosissima* observada nas parcelas tanto em seus totais quanto considerando os diferentes estágios de desenvolvimentos é variável, o mesmo foi observado por Batista *et al.* (2017) em estudo com a espécie. Em algumas das parcelas do presente estudo há indivíduos da espécie em todos os setores em outras eles estão em um ou dois setores apenas (Tabela 3). No presente estudo foram encontrados em média 0,3921 indivíduos/m<sup>2</sup> de *V. ramosissima*, considerando a contagem dos indivíduos feita na primeira avaliação, entre julho e outubro de 2017. Tal quantidade é superior a encontrada em uma área amostral de 10.000 m<sup>2</sup> (4 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> cada) também do município de Conceição do Mato Dentro (BATISTA *et al.*, 2017), quando foram levantados 2.542 indivíduos (0,2542 indivíduos/m<sup>2</sup>). O resultado é ainda mais expressivo quando se leva em consideração que as medições feitas deste estudo foram efetuadas no período de inverno, quando pressupõe-se menor taxa de germinação e de estabelecimento de plântulas de *V. ramosissima*, sendo esta uma espécie anemocórica (STEFANELLO; FERNANDES-BULHÃO; MARTINS, 2009), tendo portanto a dispersão de suas pequenas sementes facilitada na estação seca.

A variação do número de indivíduos entre as duas medições no intervalo de um ano resultou em decréscimo de 64 adultos, e acréscimo de 182 juvenis e 29 plântulas. Esses resultados indicam perda no potencial reprodutivo para o período avaliado, pois os indivíduos adultos são os que apresentam indícios de floração ou frutificação anterior, e também a renovação da população pois um número considerável de plântulas e indivíduos jovens foram adicionados à população. Resultado este convergente com uma distribuição normal dos indivíduos em uma população (“J” invertido) em que é observado um equilíbrio entre indivíduos jovens com progressiva diminuição de indivíduos adultos (AQUINO; WALTER; RIBEIRO, 2007; SILVA-JÚNIOR, 2005).

## 5. CONCLUSÃO

Os campos rupestres são um ecossistema altamente diverso em riqueza de espécies e com muitos endemismos, no entanto ainda existem muitas lacunas de conhecimento de sua flora constituinte.

A espécie endêmica dos campos rupestres brasileiros, *Vellozia ramosissima*, ocorre comumente sobre os afloramentos rochosos quartzíticos e ferruginosos na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, sendo alvo do presente estudo que se propôs a agregar mais informações sobre a fitossociologia das comunidades em que a espécie se desenvolve e da dinâmica de desenvolvimento de indivíduos da espécie em populações localizadas em áreas conservadas no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

Nas parcelas amostrais foram encontradas 90 espécies, sendo 65 delas endêmicas do Brasil, corroborando para o já conhecido endemismo verificado neste ecossistema. A variação de indivíduos entre as duas medições efetuadas, com o decréscimo de adultos e o acréscimo de indivíduos juvenis e plântulas, denota perda no potencial reprodutivo das populações e a renovação das populações, seguindo um padrão de distribuição normal dos indivíduos na dinâmica da população.

As informações agregadas com o presente estudo podem ser utilizadas como ferramentas para auxiliar na conservação contínua da espécie e de seu habitat tão específico, evitando assim sua extinção.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. **Vegetatio**, v. 113, n. 2, p. 125-139, ago. 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20046465>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ALVES, R. J. V. Morphological age determination and longevity in some *Vellozia* populations in Brazil. **Folia Geobotanica Phytotax**, v. 29, p. 55-59, 1994.

AQUINO, F. G. de; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 793-803, 2007. DOI 10.1590/S0100-67622007000500003.

BATISTA, D. S *et al.* Fenologia de *Vellozia ramosissima* (Velloziaceae) em áreas de “complexo rupestre” quartzítico e ferruginoso. **Heringeriana**, v. 11, n. 1, p. 11-27, 2017. Disponível em: <http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/221>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BOLDRINI, I. I.; OBERBECK, G. E. Estudos fitossociológicos em vegetação campestre. *In*: EISENLOHR, P. V. *et al.* **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos** (volume II). Viçosa, MG: UFV, 2015. p. 228-249.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 29, n.1, p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 193-206, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rod/v58n1/2175-7860-rod-58-01-0193.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CONCEIÇÃO, A. A. *et al.* Rupestrian grassland vegetation, diversity, and origin. *In*: Fernandes, G. W. (ed.). **Ecology and Conservation of Mountain-top Grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 105-123.

DIAS, K. N. L. *et al.* **Apochloa in Flora do Brasil 2020 em construção**. [Rio de Janeiro, RJ]: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12980>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FERNANDES, G. W. The megadiverse rupestrian grassland. *In*: FERNANDES, G. W. (ed.). **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**. Cham: Springer, 2016. p. 3-14.

FONSECA, D. C. **Autoecologia de *Baccharis platypoda* DC.** (Asteraceae): distribuição espacial, fenologia e herbivoria. 2012. 92p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012. Disponível em:

<http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/460>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Software Mata Nativa**. Versão 4.08. Viçosa, MG: CIENTEC Ambiental, 2006. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

GARCIA, L. C.; BARROS, F. V.; LEMOS FILHO, J. P. Environmental drivers on leaf phenology of ironstone outcrops species under seasonal climate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 1, p. 131-143, 2017. DOI 10.1590/0001-3765201720150049.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 9, p. 1-151, 1987. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v9i0p1-151.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. *In*: VANZOLINI, P. E.; HEYER, W. R. (ed.). **Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 39-69.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. *In*: DAVIS, S. D. (ed.) *et al.* **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. The Americas. Cambridge: World Wide Fund for Nature/World Conservation, 1997. p. 397-404.

HOPPER, S. D.; SILVEIRA, F. A. O.; FIEDLER, P. L. Biodiversity hotspots and Ocbil theory. **Plant and Soil**, v. 403, p. 167-216, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2764-2.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. (ed.). **Floristic Diversity of the Quadrilátero Ferrífero Cangas**. Belo Horizonte: Editora IDM, 2012.

JACOBI C. M. *et al.* Plant communities on the ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2185-2200, 2007. DOI 10.1007/s10531-007-9156-8.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1975.

MELLO-SILVA, R. Two new species of Vellozia (Velloziaceae) from Minas Gerais, Brazil. **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 120, p. 257-263, mar. 1996. DOI 10.1111/j.1095-8339.1996.tb00775.x.

MELLO-SILVA, R. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Velloziaceae. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 27, n. 1, p. 109-118, 2009. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v27i1p109-118.

MELLO-SILVA, R. *et al.* Five vicarious genera from Gondwana: the Velloziaceae as shown by molecules and morphology. **Annals of Botany**, v. 108, p. 87-102, jul. 2011. DOI 10.1093/aob/mcr107.

MELLO-SILVA, R. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Velloziaceae. **Rodriguésia, Rio de Janeiro**, v. 69, n. 1, p. 259-262, 2018. DOI 10.1590/2175-7860201869125.

MENEZES, N. L. **Características anatômicas e a filogenia, na família Velloziaceae**. 1984. 82f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

MENEZES, N. L.; GIULIETTI, A. M. Campos rupestres. *In*: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (ed.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 2000. p. 65-73.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrops sites, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 255-268, 2011. Disponível: <https://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn01311022011%20ISSN%201676-0603>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MIRANDA, M. D. **Modelos de distribuição de espécies de Vellozia (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do Espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/TJAS-8URHZY>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MOTA, G. S. *et al.* Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in Southeastern Brazil. **Flora**, v. 238, p. 32-42, jan. 2018. DOI 10.1016/j.flora.2017.03.010.

MUCINA, L. Vegetation of Brazilian campos rupestre on siliceous substrates and their global analogues. **Flora**, v. 238, p. 11-23, jan. 2018. DOI 10.1016/j.flora.2017.06.007.

NEGREIROS, D. *et al.* CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments. **Plant Ecology**, v. 215, p. 379-388, 2014. DOI 10.1007/s11258-014-0302-6.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 15-23, dez. 2008. Disponível: [http://www.inot.org.br/artigo/Rapini\\_et\\_al\\_2008\\_A\\_flora\\_dos\\_campos\\_rupestres\\_da\\_Cadeia\\_do\\_Espinhaco.pdf](http://www.inot.org.br/artigo/Rapini_et_al_2008_A_flora_dos_campos_rupestres_da_Cadeia_do_Espinhaco.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

REZENDE, L. A. L. **Restauração ecológica de campos rupestres ferruginosos**. 2013. 87 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

SILVA-JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 2, p. 47-158, abr./jun. 2005.

SILVEIRA, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered

campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, p. 129-152, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2637-8.

STEFANELLO, D.; FERNANDES-BULHÃO, C.; MARTINS, S. V. Síndromes de dispersão de sementes em três trechos de vegetação ciliar (nascente, meio e foz) ao longo do rio Pindaíba, MTR. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1051-1061, 2009. DOI 10.1590/S0100-67622009000600008.

TEIXEIRA, W. A.; LEMOS FILHO, J. P. A flórua rupestre do Pico de Itabirito, Minas Gerais, Brasil: lista das plantas vasculares. **Boletim de Botânica**, Universidade de São Paulo, v. 31, n. 2, p. 199-230, 2013. DOI 10.11606/issn.2316-9052.v31i2p199-230.

VASCONCELOS, V. V. Campos de altitude, campos rupestres e aplicação da lei da mata atlântica: estudo prospectivo para o estado de Minas Gerais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 110-133, dez. 2014. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/18624>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VIEIRA, K. C. **Padrões florísticos e estruturais do componente arbustivo-arbóreo em áreas de Campo Rupestre sob diferentes substratos no Espinhaço Meridional**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

WISER, S. K.; PEET, R. K.; WHITE, P. S. Prediction of rare-plant occurrence: a southern Appalachian example. **Ecological Applications**, v. 8, p. 909-920, 1998. DOI 10.1890/1051-0761(1998)008[0909:PORPOA]2.0.CO;2.

## 7. MATERIAL SUPLEMENTAR

**Material Suplementar 1** - Lista de espécies encontradas na amostra organizada em ordem alfabética de famílias e de espécies com os respectivos números de parcelas (Parc.) em que estiveram presentes, número de indivíduos (N) encontrados e os valores absolutos (abs) e relativos (rel) de densidade (D.), frequência (F.) e abundância (AB)

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
Apocynaceae	<i>Ditassa aequicymosa</i> E.Fourn.	4	7	5,83	0,0413	33,33	1,2121	1,75	0,0637
	<i>Mandevilla pycnantha</i> (Steud. ex A.DC.) Woodson.	1	15	12,50	0,0884	8,33	0,3030	15,00	0,5458
Araceae	<i>Anthurium minarum</i> Sakuragui & Mayo	1	17	14,17	0,1002	8,33	0,3030	17,00	0,6186
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia smilacina</i> (Klotzsch) Duch.	2	5	4,17	0,0295	16,67	0,6061	2,50	0,0910
Asteraceae	<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M. King & H. Rob.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	12	520	433,33	3,0659	100,00	3,6364	43,33	1,5767
	<i>Pseudobrickellia brasiliensis</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Senecio clausenii</i> Decne.	1	10	8,33	0,0590	8,33	0,3030	10,00	0,3639
	<i>Trichogonia hirtiflora</i> (DC.) Sch.Bip. ex Baker	2	9	7,50	0,0531	16,67	0,6061	4,50	0,1637
	<i>Trixis vauthieri</i> DC.	4	12	10,00	0,0708	33,33	1,2121	3,00	0,1092
Bromeliaceae	<i>Cryptanthus ferrarius</i> Leme & Paula	6	135	112,50	0,7959	50,00	1,8182	22,50	0,8187

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
	<i>Dyckia concepcionensis</i> O.B.C. Ribeiro & Leme	8	570	475,00	3,3607	66,67	2,4242	71,25	2,5925
	<i>Vriesea pseudoligantha</i> Philcox	2	8	6,67	0,0472	16,67	0,6061	4,00	0,1455
Cactaceae	<i>Cipocereus minensis</i> (Werderm.) Ritter	2	40	33,33	0,2358	16,67	0,6061	20,00	0,7277
	<i>Pilosocereus aurisetus</i> (Werderm.) Byles & G.D.Rowley	8	263	219,17	1,5506	66,67	2,4242	32,88	1,1962
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera regalis</i> Saddi	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
Celastraceae	<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	2	8	6,67	0,0472	16,67	0,6061	4,00	0,1455
Convolvulaceae	<i>Evolvulus scoparioides</i> Mart.	5	530	441,67	3,1248	41,67	1,5152	106,00	3,8569
Cyperaceae	<i>Rhynchospora setigera</i> (Kunth) Boeckeler	2	645	537,50	3,8028	16,67	0,6061	322,50	11,7343
Ericaceae	<i>Agarista coriifolia</i> (Thumb.) Hook.f. ex Nied.	3	12	10,00	0,0708	25,00	0,9091	4,00	0,1455
	<i>Gaylussacia retusa</i> Mart. ex Meisn.	2	13	10,83	0,0766	16,67	0,6061	6,50	0,2365
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	2	5	4,17	0,0295	16,67	0,6061	2,50	0,0910
Euphorbiaceae	<i>Croton splendidus</i> Mart.	4	126	105,00	0,7429	33,33	1,2121	31,50	1,1461
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	3	5	4,17	0,0295	25,00	0,9091	1,67	0,0606

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	11	1295	1079,17	7,6352	91,67	3,3333	117,73	4,2836
	<i>Aeschynomene vogelii</i> Rudd	1	31	25,83	0,1828	8,33	0,3030	31,00	1,1280
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	12	349	290,83	2,0577	100,00	3,6364	29,08	1,0582
	<i>Chamaecrista choriophylla</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	4	13	10,83	0,0766	33,33	1,2121	3,25	0,1183
Fabaceae	<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Galactia martii</i> DC.	5	86	71,67	0,5070	41,67	1,5152	17,20	0,6258
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	4	255	212,50	1,5034	33,33	1,2121	63,75	2,3196
	<i>Senna reniformis</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby	3	5	4,17	0,0295	25,00	0,9091	1,67	0,0606
Gesneriaceae	<i>Nematanthus strigillosus</i> (Mart.) H.E. Moore	1	2	1,67	0,0118	8,33	0,3030	2,00	0,0728
	<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.	1	2	1,67	0,0118	8,33	0,3030	2,00	0,0728
Humiriaceae	<i>Vantanea obovata</i> (Nees & Mart.) Benth.	1	4	3,33	0,0236	8,33	0,3030	4,00	0,1455
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	1	3	2,50	0,0177	8,33	0,3030	3,00	0,1092
Lamiaceae	<i>Cyanocephalus lippioides</i> (Pohl ex Benth.) Harley &	1	10	8,33	0,0590	8,33	0,3030	10,00	0,3639

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
J.F.B.Pastore									
Lauraceae	<i>Persea rufotomentosa</i> Nees & C. Mart.	3	45	37,50	0,2653	25,00	0,9091	15,00	0,5458
Lythraceae	<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schlech.	2	56	46,67	0,3302	16,67	0,6061	28,00	1,0188
	<i>Cuphea lutescens</i> Koehne	2	60	50,00	0,3538	16,67	0,6061	30,00	1,0916
	<i>Lafoensia pacari</i> Saint-Hilaire	3	34	28,33	0,2005	25,00	0,9091	11,33	0,4124
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Byrsonima variabilis</i> A. Juss.	4	29	24,17	0,1710	33,33	1,2121	7,25	0,2638
	<i>Heteropterys eglandulosa</i> A. Juss	11	347	289,17	2,0459	91,67	3,3333	31,55	1,1478
	<i>Peixotoa tomentosa</i> A.Juss.	10	126	105,00	0,7429	83,33	3,0303	12,60	0,4585
Malvaceae	<i>Pavonia viscosa</i> A.St.-Hil.	1	23	19,17	0,1356	8,33	0,3030	23,00	0,8369
	<i>Pseudobombax campestre</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	1	2	1,67	0,0118	8,33	0,3030	2,00	0,0728
Melastomataceae	<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Miconia</i> sp.	3	15	12,50	0,0884	25,00	0,9091	5,00	0,1819

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>Parc.</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
	<i>Pleroma heteromalla</i> D. Don (D.Don)	10	284	236,67	1,6744	83,33	3,0303	28,40	1,0333
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	7	46	38,33	0,2712	58,33	2,1212	6,57	0,2391
	<i>Eugenia lagoensis</i> Kiaersk.	1	2	1,67	0,0118	8,33	0,3030	2,00	0,0728
Myrtaceae	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
	<i>Myrcia variabilis</i> DC.	10	153	127,50	0,9021	83,33	3,0303	15,30	0,5567
	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	3	9	7,50	0,0531	25,00	0,9091	3,00	0,1092
Ochnaceae	<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Ness) Engl.	5	27	22,50	0,1592	41,67	1,5152	5,40	0,1965
	<i>Acianthera prolifera</i> (Herb. ex Lindl.) Pridgeon & M. W. Chase	8	502	418,33	2,9597	66,67	2,4242	62,75	2,2832
Orchidaceae	<i>Bifrenaria tyrianthina</i> (Lodd.) Rchb.f.	1	3	2,50	0,0177	8,33	0,3030	3,00	0,1092
	<i>Cattleya concepcionensis</i> (V.P.Castro & Campacci) Van den Berg	5	16	13,33	0,0943	41,67	1,5152	3,20	0,1164
	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	2	3	2,50	0,0177	16,67	0,6061	1,50	0,0546
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	4	37	30,83	0,2181	33,33	1,2121	9,25	0,3366

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus klotzschianus</i> Müll.Arg.	2	5	4,17	0,0295	16,67	0,6061	2,50	0,0910
	<i>Phyllanthus rosellus</i> (Müll.Arg.) Müll.Arg	3	15	12,50	0,0884	25,00	0,9091	5,00	0,1819
Poaceae	<i>Apochloa euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	6	1663	1385,83	9,8048	50,00	1,8182	277,17	10,0849
	<i>Axonopus pellitus</i> (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase	1	24	20,00	0,1415	8,33	0,3030	24,00	0,8733
	<i>Trichantheium distichophyllum</i> (Spreng.) Zuloaga & Morrone	4	139	115,83	0,8195	33,33	1,2121	34,75	1,2644
Polygonaceae	<i>Coccoloba acrostichoides</i> Cham.	3	49	40,83	0,2889	25,00	0,9091	16,33	0,5943
	<i>Pleopeltis minarum</i> (Weath.) Salino	2	21	17,50	0,1238	16,67	0,6061	10,50	0,3820
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem & Schult.	2	3	2,50	0,0177	16,67	0,6061	1,50	0,0546
Rubiaceae	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	11	188	156,67	1,1084	91,67	3,3333	17,09	0,6219
	<i>Remijia ferruginea</i> (A.St. Hil.) D.C.	4	130	108,33	0,7665	33,33	1,2121	32,50	1,1825

Famílias	Espécies	Parc.	N	D. abs	D. rel	F. abs	F. rel	AB abs	AB rel
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	1	2	1,67	0,0118	8,33	0,3030	2,00	0,0728
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
Sapotaceae	<i>Micropholis gnaphalocladus</i> (Mart.) Pierre	2	3	2,50	0,0177	16,67	0,6061	1,50	0,0546
Smilacaceae	<i>Smilax oblongifolia</i> Pohl ex Griseb.	6	17	14,17	0,1002	50,00	1,8182	2,83	0,1031
Velloziaceae	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	5	409	340,83	2,4114	41,67	1,5152	81,80	2,9763
	<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	1	3	2,50	0,0177	8,33	0,3030	3,00	0,1092
	<i>Barbacenia gentianoides</i> Taub. ex Goethart & Henrard	1	10	8,33	0,0590	8,33	0,3030	10,00	0,3639
	<i>Barbacenia tomentosa</i> Mart.	2	58	48,33	0,3420	16,67	0,6061	29,00	1,0552
	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera	8	138	115,00	0,8136	66,67	2,4242	17,25	0,6277
	<i>Vellozia compacta</i> Mart. ex Schult. & Schult. f.	1	3	2,50	0,0177	8,33	0,3030	3,00	0,1092
	<i>Vellozia minima</i> Pohl	5	1765	1470,83	10,4062	41,67	1,5152	353,00	12,8441
<i>Vellozia ramosissima</i> L.B.Sm.	12	4706	3921,67	27,7460	100,00	3,6364	392,17	14,2692	
Verbenaceae	<i>Lippia origanoides</i> Kunth.	10	138	115,00	0,8136	83,33	3,0303	13,80	0,5021
	<i>Lippia pseudothea</i> (A.St.-Hil.)	1	8	6,67	0,0472	8,33	0,3030	8,00	0,2911

<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>Parc.</b>	<b>N</b>	<b>D. abs</b>	<b>D. rel</b>	<b>F. abs</b>	<b>F. rel</b>	<b>AB abs</b>	<b>AB rel</b>
	Schauer								
	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	8	620	516,67	3,6554	66,67	2,4242	77,50	2,8199
Vochysiaceae	<i>Callisthene erythroclada</i> Warm. in Mart. & Eichler	1	4	3,33	0,0236	8,33	0,3030	4,00	0,1455
	<i>Qualea</i> sp.	1	1	0,83	0,0059	8,33	0,3030	1,00	0,0364
<b>Total Geral</b>		<b>12</b>	<b>16961</b>	<b>14134,17</b>	<b>100,00</b>	<b>2750,00</b>	<b>100,00</b>	<b>2748,34</b>	<b>100,00</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os campos rupestres brasileiros são paisagens exuberantes com notável heterogeneidade de habitats, muito influenciados pelas características dos terrenos em que se desenvolvem. Estão entre os ecossistemas com maior riqueza de composição e endemismos de espécies do mundo, todavia estão entre os mais ameaçados pelas atividades humanas.

A importância da conservação das florestas tropicais é inegável, no entanto, ecossistemas abertos, como os campos rupestres, têm sido negligenciados, apesar de sua alta diversidade e dos diversos serviços ecossistêmicos que oferecem (reservatório de biodiversidade vegetal, animal e microbiológica, berço de inúmeras nascentes de água, ecoturismo, fonte de plantas medicinais — muitas desconhecidas ainda, produção de forragem nativa, armazenamento subterrâneo de carbono, entre outros).

Neste estudo foi demonstrado que características do solo, como maior teor de bases trocáveis e maior porcentagem de areia fina, estão positivamente correlacionadas com a presença de um maior número de indivíduos de *B. delicatula*, e que características como maior teor de Cr e Cd e maior porosidade total correlacionaram-se negativamente com a presença da espécie. A maior riqueza de espécies associadas a *B. delicatula* está relacionada a um maior ângulo de exposição da vertente e maior teor de K, mas o oposto ocorre quando há aumento do pH em KCl. Além disso, a riqueza das comunidades tanto de *B. delicatula* quanto de *V. ramosissima* aumenta com a altitude.

Oitenta e sete espécies (31 endêmicas) foram encontradas nas parcelas de estudo de *B. delicatula* e 90 (65 endêmicas) nas de *V. ramosissima*. Setenta e seis espécies são comuns aos dois estudos, 11 espécies foram observadas apenas nas parcelas de *B. delicatula* e 14 espécies apenas nas parcelas de *V. ramosissima*. Fabaceae é a família dominante em espécies nos ambientes com *B. delicatula*, seguida pela própria família Velloziaceae e por Melastomataceae. Já associada preponderantemente a *V. ramosissima* estão as famílias Fabaceae e Asteraceae.

A porcentagem de cobertura média de *B. delicatula* na área amostral foi de 0,7902 % e em um terço das comparações feitas a similaridade foi superior aos 50 % demonstrando uma tendência de algumas espécies coabitarem com *B. delicatula*. No

entanto, a baixa dominância de espécies verificada indica uma grande variação entre as espécies que não são comuns nas parcelas.

A variação do número de indivíduos de *V. ramosissima* entre as duas medições efetuadas denota perda no potencial reprodutivo das populações no intervalo de um ano e a renovação das populações pois um número considerável de plântulas e indivíduos jovens foram adicionados, seguindo um padrão de distribuição normal na dinâmica das populações.

A intrínseca disjunção natural das comunidades vegetais nos campos rupestres, associada ao fato dos estudos ainda serem incipientes nesses ambientes, resultam em poucos registros de locais onde as espécies ocorrem naturalmente, principalmente as mais raras sendo esta, possivelmente, a maior limitação do presente estudo. As parcelas de amostragem não compreenderam uma maior diversidade de terrenos por três motivos principais: poucos registros de ocorrência da espécie (em pesquisa nas bases de dados *Specieslink* e *Reflora* foram encontrados apenas 7 registros de ocorrência de *B. delicatula* e 3 de *V. ramosissima*), registros em propriedades particulares e a dificuldade logístico-financeira para lançamento de parcelas em locais mais distantes do que as áreas de conservação disponibilizadas para o estudo. Possivelmente resultados mais robustos seriam alcançados podendo-se comparar terrenos mais diversos em que as espécies habitam apesar da reconhecida especificidade da relação entre espécie-ambiente quando se trata dos campos rupestres.

Este estudo é um passo importante para um melhor entendimento do ambiente e das comunidades associadas a duas espécies endêmicas de Velloziaceae (uma das quais está ameaçada de extinção) nos campos rupestres brasileiros. A agregação de informações para auxiliar na conservação contínua das espécies dos campos rupestres pode protegê-lo de maior degradação com a possibilidade de transformar uma histórica e intensa exploração em uma forma de utilização mais sustentável. Além de servirem como arcabouço para a elaboração de políticas públicas direcionadas, talvez até mais eficientes para o uso sustentável destas áreas.

Este caminho só é possível por meio de um conhecimento mais profundo das espécies e comunidades que nele habitam e do reconhecimento de sua importância para a manutenção da qualidade da vida numa escala regional e quem sabe até mais amplamente.