



## A flora e a vegetação dos afloramentos rochosos em três municípios na região Norte do Ceará, Brasil: caracterização fitossociológica

*The flora and vegetation of rocky outcrops in three municipalities in the northern region of Ceará, Brazil: phytosociological characterization*

Marízia Menezes Dias Pereira<sup>1,3,5</sup>, Petrônio Emanuel Timbó Braga<sup>2</sup>, Nuno Guiomar<sup>3</sup>,  
Francisco Diego Sousa Santos<sup>2</sup> & Sílvia Ribeiro<sup>3,4</sup>

### Resumo

O presente estudo teve como objetivo identificar a flora e a vegetação dos afloramentos rochosos isolados e de baixa altitude (lajedos), na vegetação de Caatinga Arbustiva Aberta, que se encontram nos municípios de Sobral, Groaíras e Santa Quitéria, no estado do Ceará, Brasil e propor uma classificação fitossociológica para estas comunidades xerófilas. Foram definidas cinco áreas de coleta de dados com elevada proporção de rochas expostas (> 80%) onde as excursões de campo decorreram em março de 2014 e 2015 (3°56'S e 40°23'W, 4°01'S e 40°05'W, 4°07'S e 40°08'W, 4°09'S e 40°09'W e 4°03'S e 40°00'W). No estudo da vegetação aplicou-se os métodos TWINSpan (*two-way indicator species analysis*) e o clássico sigmatista de Braun-Blanquet. As áreas mínimas dos inventários fitossociológicos variaram de 8 a 16 m<sup>2</sup>. Foram coletadas as espécies vegetais que crescem em fendas, fendas e ilhas de vegetação que se encontram em afloramentos rochosos. Foram registradas 88 espécies, distribuídas em 59 gêneros e 30 famílias botânicas. *Fabaceae* foi a família que se destacou em riqueza específica (20 spp.), seguida por *Poaceae* (dez spp.), *Euphorbiaceae* (sete spp.) e *Convolvulaceae* (seis spp.). Quanto ao endemismo foram registradas, em vegetação rupestre, 19 espécies endêmicas para o Brasil. Na análise fitossociológica da vegetação propôs-se estudar a comunidade de *Pilosocereus gounellei* (FA.C.Weber) Byles & Rowley e *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult.f. e a de *Crateva tapia* L. e *Combretum leprosum* Mart.

**Palavras-chave:** semiárido, elenco florístico, Caatinga, fitossociologia.

### Abstract

In this study, we aim to identify flora and vegetation of low-elevation rocky outcrops (lajedos) in "Caatinga Arbustiva Aberta" (open shrublands) to propose a phytosociological classification for xerophilous communities. The study areas are located at the municipalities of Sobral, Groaíras and Santa Quitéria (Ceará state, Brazil). We selected five stations comprising areas with high proportion of bare rocks (> 80%), and the field work were conducted in March 2014 and 2015 respectively (3°56'S and 40°23'W, 4°01'S and 40°05'W, 4°07'S and 40°08'W, 4°09'S and 40°09'W and 4°03'S and 40°00'W). We have applied the TWINSpan (two-way indicator species analysis) and Braun-Blanquet methods. The minimum areas of phytosociological inventories ranged from 8 to 16 m<sup>2</sup>. Floristic relevés were made and all the plant species growing in cracks, crevices and small vegetation "islands" were identified. The floristic list is composed of 88 species, distributed in 59 genera and 30 families. *Fabaceae* was the most representative in species richness, 20 species, followed by *Poaceae* (10 spp.), *Euphorbiaceae* (7 spp.) and *Convolvulaceae* (6 spp.). We identified 19 Brazilian endemisms. Following phytosociological analysis of vegetation we found two different communities: *Pilosocereus gounellei* FA.C.Weber Byles & Rowley and *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult.f. and the *Crateva tapia* L. and *Combretum leprosum* Mart.

**Key words:** semiarid, floristic list, xerophytes, Caatinga, phytosociology.

Veja material suplementar em <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Depto. Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Colégio Luís António Verney, R. Romão Ramalho 59, Évora, Portugal.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Curso de Ciências Biológicas, Av. da Universidade 850, Campus da Betânia, 62040-370, Sobral, CE, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade de Évora, ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Núcleo da Mitra, Apt. 94, 7002-554, Évora, Portugal.

<sup>4</sup> Universidade de Lisboa, Centro de Investigação em Agronomia, Alimentos, Ambiente e Paisagem (LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food), Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal.

<sup>5</sup> Autor para correspondência: mariziacmdp3@gmail.com

## Introdução

A Caatinga é um bioma endêmico do Brasil. Está localizado no semiárido brasileiro e ocupa uma área de 844.453 km<sup>2</sup> (IBGE 2004). Sua vegetação é caracterizada pela elevada diversidade de espécies com grande variedade fisionômica no que se refere à quantidade e ao porte das espécies vegetais (Araújo *et al.* 2005; Costa *et al.* 2007; Apgaua *et al.* 2014; Pereira *et al.* 2014; Soares-Neto *et al.* 2014). A variação na estrutura e composição das comunidades vegetais está relacionada com os gradientes ambientais, tais como a topografia, a precipitação, teor de nutrientes e umidade edáfica (Ferraz *et al.* 1998; Tabarelli *et al.* 2003; Araújo *et al.* 2011). A geologia e o tipo de solos contribuem igualmente para a elevada heterogeneidade espacial evidenciada na distribuição da vegetação na escala local, mesmo que em áreas muito próximas (Amorim *et al.* 2005, 2009; Moro *et al.* 2015b).

Em situação extrema encontra-se a vegetação que se desenvolve sobre os afloramentos rochosos onde se verifica reduzida disponibilidade de água, assim como escassez de solo devido à forte erosão hídrica (França *et al.* 1997). Os solos, ausentes ou muito reduzidos, resultantes do desgaste da rocha, criam micro-condições para a instalação de comunidades vegetais adaptadas a estas situações tão particulares. Os elencos florísticos destes ecossistemas são frequentemente distintos dos habitats vizinhos (Ribeiro *et al.* 2007) por se encontrarem sujeitos a fortes filtros ambientais, com adaptação ao estresse hídrico e às elevadas temperaturas (Moraes *et al.* 2009). Nestes ecossistemas de escassos recursos endógenos, a variação na composição da rocha determina a diversidade da sua morfologia que, por sua vez, afeta processos macro e micro-climatológicos, influenciando em conjunto a composição desta flora xerófila e rupícola (Porembski *et al.* 1994; Martinelli 2007) que pode ainda apresentar maior ou menor relação com a flora circundante (Burke 2002a,b). Se por um lado a umidade, a estabilidade da rocha e a disponibilidade de locais propícios para a germinação de sementes estão relacionados com maiores valores de diversidade e de densidade da vegetação nestes ecossistemas (Larson *et al.* 2000) por outro, o seu relativo isolamento e as condições muito específicas de substrato associadas a índices elevados de exposição solar e de amplitude térmica determinam maior número e quantidade de endêmicas (Porembski *et al.* 1996, 1998; Conceição *et al.* 2007a; Gomes & Alves 2009; Pessoa &

Alves 2014). Estas condições podem favorecer processos de especiação, e são determinantes na seleção das espécies que se desenvolvem nestes ambientes (Kluge & Brulfert 2000; Conceição *et al.* 2007a; Porembski 2007). Por outro lado, estes ecossistemas funcionam como barreiras contra a invasão e o estabelecimento de plantas da vegetação adjacente, devido à reduzida retenção de água e às poucas alternativas para fixação de raízes e sementes (Larson *et al.* 2000; Burke 2002a,b). Nestes casos, para garantirem a sua propagação no espaço, as plantas necessitam de mecanismos de dispersão de longa distância (Costa *et al.* 2015).

Estas especificidades por si só justificam as análises de vegetação nestes ecossistemas. Por outro lado, a necessidade de conservação destes locais reforça a necessidade de se empreenderem esforços na sua caracterização detalhada para que assim se definam políticas de conservação bem adaptadas às realidades locais (Martinelli 2007; Scarano 2007; Gomes & Sobral-Leite 2013). Neste estudo pretendeu-se efetuar a caracterização da flora e das comunidades vegetais que se desenvolvem em ambientes rupícolas (lajedos e inselbergues) no bioma Caatinga, associadas a afloramentos rochosos isolados e de baixa altitude e a situações edafo-xerófilas, circunscritos em três municípios da região norte cearense. A composição e a diferenciação florística e ecológica deste tipo de comunidades constituíram o principal objetivo deste estudo.

## Material e Métodos

### Localização das áreas de amostragem e caracterização geral das áreas de estudo

As estações estudadas selecionadas coincidem com grandes manchas de afloramentos rochosos presentes na região noroeste do Ceará. Selecionaram-se cinco áreas de estudo em diferentes fases de desenvolvimento (Fig. 1):

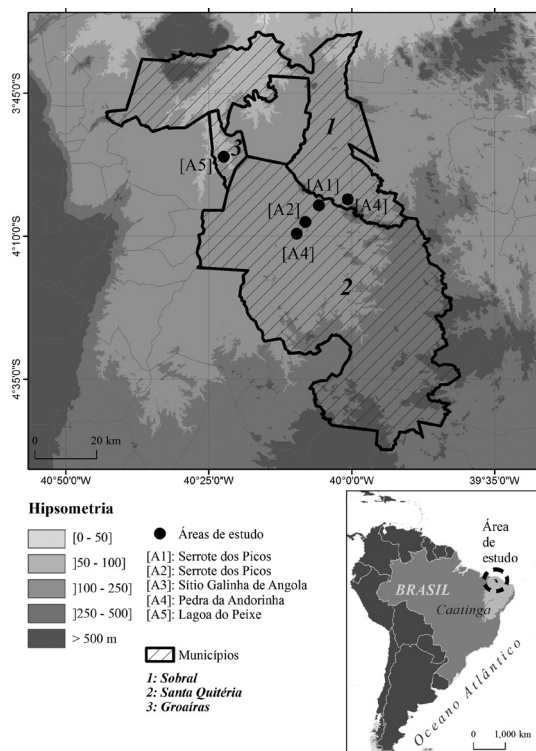
[A1] Serrote dos Picos (04°01'34"S e 40°05'18"W, 190 m de altitude) em Santa Quitéria, CE;

[A2] Serrote dos Picos (04°07'34"S e 40°08'01"W, 180 m de altitude) em Santa Quitéria, CE;

[A3] Sítio Galinha de Angola (04°09'35"S e 40°09'33"W, 188 m de altitude) em Santa Quitéria, CE;

[A4] Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha (04°03'35"S e 40°00'39"W, 225 m de altitude) em Tapera, Sobral, CE;

[A5] Lagoa do Peixe (03°56'39"S e 40°23'35"W, 111 m de altitude) em Groaíras, CE.



**Figura 1** – Localização das áreas de estudo.

**Figure 1** – Location of the study areas.

As áreas de estudo inserem-se na bacia hidrográfica do Rio Acaraú (02°47' a 04°58'S e 39°40' a 40°51'W), que integra, entre outras, as sub-bacias de Aracatiaçu, Groaíras, Macacos, Madeiras e Jucurutu, com escoamentos em regimes intermitentes. O substrato geológico é constituído, fundamentalmente, por rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses, migmatitos, granitos e xistos (Destro *et al.* 1994; Neves 1998). Segundo Moro *et al.* (2015a), o Ceará apresenta essencialmente dois grandes domínios geológicos, um sedimentar e outro dominado por litologias cristalinas que, ao longo dos tempos, foram modelados gerando distintos tipos de relevo. Na geomorfologia da região estudada de domínio cristalino destacam-se as superfícies aplanadas da Depressão Sertaneja, os relevos residuais associados (inselbergues), o maciço residual granítico da Serra da Meruoca, e a planície aluvial do Rio Acaraú (Peulvast & Bétard 2015; Moro *et al.* 2015a; Rodrigues & Lima 2015). Esta é uma região de contrastes, as altitudes variam na generalidade do território entre 90 m e 700 m, podendo superar os 1.000 m na Serra da Meruoca (Peulvast & Bétard 2015).

Os solos mais representativos da região estudada são os neossolos litólicos, solos rasos e geralmente pedregosos que ocorrem nas áreas mais acidentadas com afloramento rochosos e os luvisolos, solos rasos a pouco profundos e que apresentam frequentemente revestimento pedregoso na superfície (Cunha *et al.* 2010; Marques *et al.* 2014).

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante no Ceará é do tipo BSh de zona seca e que corresponde ao semiárido de baixa latitude e altitude, típico do Nordeste do Brasil, ocorrendo em regiões com precipitações médias anuais inferiores a 800 mm (Alvares *et al.* 2013). Nos três municípios a que pertencem as áreas estudadas este clima apresenta uma estação seca entre julho e janeiro, e uma estação chuvosa irregular entre fevereiro e junho, caracterizada por chuvas torrenciais (Sobrinho 2009; Alexandre *et al.* 2010). As temperaturas médias variam entre 19 °C e 21 °C no inverno e entre 29 °C e 36 °C no verão, enquanto as precipitações anuais variam de 600 a 1.100 mm (Freise 1938; Werner & Gerstengarbe 2003; Robertson *et al.* 2004; Sun *et al.* 2007; Santos *et al.* 2009).

De acordo com o esquema biogeográfico da América Latina e do Caribe proposto por Morrone (2001), o território estudado pertence à Região Neotropical, à Sub-região Chaquenha e à Província da Caatinga. A heterogeneidade evidenciada nas condições ambientais e as atividades antrópicas constituem os principais fatores que influenciam a distribuição espacial, estrutural e vegetacional no Ceará (Albuquerque *et al.* 2012; Moro *et al.* 2015a; Pereira *et al.* 2014; Silva *et al.* 2014).

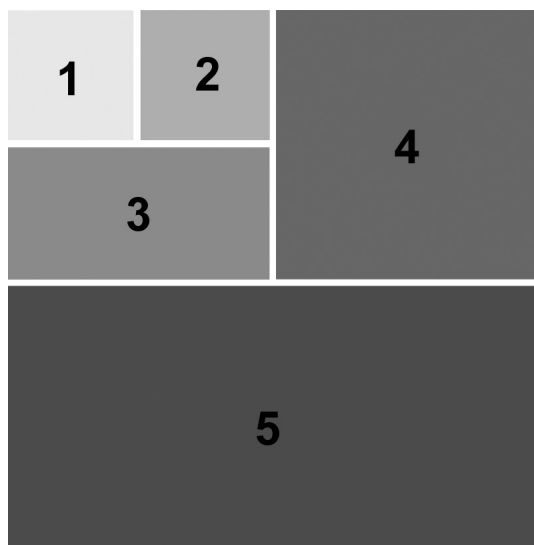
A vegetação típica da Depressão Sertaneja é a Caatinga do cristalino, caduca na estação seca para evitar o estresse hídrico, espinhosa e adaptada ao clima semiárido com poucas espécies perenifólias (Moro *et al.* 2015a). Tendo por base o porte da vegetação, Figueiredo (1997) propõe três unidades fitoecológicas: a Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea), a Caatinga Arbustiva Densa e a Caatinga Arbustiva Aberta. Na área de estudo verifica-se o predomínio da Floresta Caducifólia Espinhosa em Groaíras e da Caatinga Arbustiva Aberta em Sobral e Santa Quitéria, surgindo pontualmente as matas úmidas e as matas ciliares sempre que existam condições ambientais específicas. Os ambientes rochosos encontram-se nos lajedos, terrenos planos que passam despercebidos na paisagem e cuja vegetação rupícola cresce sobre solos pouco

desenvolvidos (neossolos litólicos) (Moro *et al.* 2015b).

Nas áreas de estudo aplicou-se o método de Braun-Blanquet ou clássico sigmatista (Ariza 2010; Braun-Blanquet 1979; Géhu & Rivas-Martínez 1981) para a identificação de comunidades vegetais em habitats homogêneos, quer a nível fisionômico quer em condições ambientais. Na análise fitossociológica, o processo compreendeu duas etapas fundamentais (Ariza 2010; Rodal *et al.* 2013). A etapa analítica integra o delineamento amostral, a coleta de material vegetal e a identificação das espécies. O elenco florístico foi analisado de acordo com um conjunto de indicadores, entre os quais os tipos fisionômicos de Raunkiaer (1934). A etapa sintética culmina com a comparação dos dados entre unidades amostrais para classificação. Os diferentes procedimentos são seguidamente descritos com maior detalhe.

#### Etapa analítica

As coletas de material vegetal foram realizadas nos meses de março de 2014 e 2015, nos períodos chuvosos. As excursões contemplaram os afloramentos rochosos de baixa altitude (lajedos) e circunscritos nos municípios de Sobral, Groaíras e Santa Quitéria, num total de cinco áreas de



**Figura 2** – Representação gráfica do cálculo da área mínima qualitativa de 1 a 16 m<sup>2</sup>: 1 = 1 × 1 m<sup>2</sup>; 2 = 2 × 1 m<sup>2</sup>; 3 = 2 × 2 m<sup>2</sup>; 4 = 4 × 2 m<sup>2</sup>; 5 = 4 × 4 m<sup>2</sup>.

**Figure 2** – Graphical representation of the calculation of qualitative minimum area from 1 to 16 m<sup>2</sup>: 1 = 1 × 1 m<sup>2</sup>; 2 = 2 × 1 m<sup>2</sup>; 3 = 2 × 2 m<sup>2</sup>; 4 = 4 × 2 m<sup>2</sup>; 5 = 4 × 4 m<sup>2</sup>.

estudo. Foram incluídas no elenco florístico as espécies encontradas nas fissuras, fendas e ilhas de vegetação sobre afloramentos rochosos com elevada proporção de rocha exposta (> 80%), e excluíram-se as áreas ao redor dos lajedos, com Caatinga típica do cristalino, por não apresentarem o ambiente rochoso a estudar, devido a elevada percentagem de espécies não rupícolas.

Para garantir que a homogeneidade ecológica e florística de cada unidade amostral, e desta forma que as unidades amostrais (inventários) sejam claramente distinguíveis (Rodrigues 1988), definimos áreas homogêneas tendo por base as características edafoclimáticas do habitat, assim como a distribuição espacial das plantas, a variabilidade na dominância de grupos de plantas, e a ausência de mosaicos de zonas densas e esparsas e nos estratos de distribuição uniforme. Nas áreas previamente selecionadas, para além de identificados os diferentes tipos de comunidades pela composição florística (Ariza 2010), foi ainda avaliado o seu estado de conservação, de modo a evitar zonas degradadas e assim privilegiar áreas com reduzida influência antrópica.

Após a verificação destas condições efetuaram-se os inventários fitossociológicos, numa extensão suficiente para reunirem as espécies vegetais representativas de cada comunidade em estudo (Braun-Blanquet 1979). Assim, foi necessário determinar, para cada comunidade vegetal, uma área mínima correspondendo à parcela de menor superfície que congrega as espécies da comunidade vegetal em análise. Para a definição da área mínima recorreu-se ao aumento progressivo da área de amostragem, duplicada em progressão geométrica, a partir de uma área-base de 1 × 1 m (1 m<sup>2</sup>), até não se identificarem espécies novas a integrar no elenco florístico (Fig. 2).

Nos inventários fitossociológicos ( $n = 21$ ), foram identificadas todas as espécies presentes na área mínima e, a cada uma atribuiu-se um índice de quantidade (Tab. 1), que resulta da combinação da abundância (frequência) e da dominância (ou cobertura) (Braun-Blanquet 1979).

O material botânico coletado foi identificado com auxílio da bibliografia especializada (Lorenzi 2008; Queiroz 2009; Prata *et al.* 2013), comparação morfológica com o material existente no Herbário Prof. Francisco José de Abreu Matos (HUVA) da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) em Sobral, Ceará, e consultas a especialistas. A sinonímia e a grafia dos nomes científicos foram efetuadas com base no BFG (2015).

**Tabela 1** – Índice de quantidade (abundância-dominância) (segundo o método de quantificação proposto por Braun-Blanquet 1979).

**Table 1** – Abundance-dominance index (Braun-Blanquet 1979).

Índice	Significado
+	Indivíduos raros ou muito raros
1	Indivíduos cobrindo menos de 5%
2	Indivíduos cobrindo de 5 a 25%
3	Indivíduos cobrindo de 25 a 50%
4	Indivíduos cobrindo de 50 a 75%
5	Indivíduos cobrindo mais de 75%

Indicadores de caracterização da flora

Para cada espécie da listagem florística identificou-se o nome comum, a forma de vida de Raunkier, a origem, o domínio fitogeográfico e o tipo de substrato.

A identificação das formas de vida de Raunkier (1934) para cada espécie foi feita a partir de diversos estudos (Araújo *et al.* 2008; Araújo *et al.* 2011; França *et al.* 2005; IBGE 2012). O sistema de Raunkier baseia-se no grau de proteção das gemas vegetativas das plantas vasculares na época desfavorável (Braun-Blanquet 1979; Martins & Batalha 2011), classificando-as em cinco categorias: fanerófito, caméfito, hemicriptófito, terófito e geófito. Quanto à origem das espécies, aplicou-se a terminologia de Moro *et al.* (2012), onde usamos as categorias de “nativas”, “nativas e endêmicas”, e “exóticas-invasoras”. Em relação à distribuição geográfica, as espécies foram agrupadas como ocorrendo nos seguintes domínios fitogeográficos: Caatinga; Caatinga e Cerrado; Caatinga e Mata Atlântica; e espécies de ampla distribuição (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal). Estes dois últimos indicadores (origem e distribuição fitogeográfica) foram extraídos do BFG (2015) tal como o substrato que representa o tipo de suporte onde as plantas fixam as raízes (terrícola e/ou rupícola).

A distribuição dos indicadores mais relevantes de caracterização da flora foi analisada através de *violin-plots* através dos quais é possível observar o formato da distribuição de frequência dos indicadores (Hinze & Nelson 1998). Os *violin-plots* foram construídos através da *package*

“ggplot2” (Wickham 2016) para R versão 3.1.3 (R Development Core Team 2015).

### Etapa sintética

A análise classificativa foi efetuada com recurso ao método TWINSpan (*two-way indicator species analysis*), desenvolvido por Hill (1979). Na aplicação do algoritmo TWINSpan recorreu-se ao programa JUICE 7.0.33 (Tichý 2002). Este é um método adequado para os dados coletados e sintetizados de acordo com a metodologia descrita anteriormente. Para os grupos obtidos foi calculada a fidelidade (para identificação de espécies diagnóstico) através do coeficiente *phi* (Sokal & Rohlf 1995; Chytrý *et al.* 2002) cuja significância estatística foi obtida através do teste exato de Fisher (Chytrý *et al.* 2002; Tichý & Chytrý 2006), com recurso ao programa JUICE (Tichý 2002). O conceito de espécies diagnóstico está relacionado com o conceito de fidelidade. Este avalia a concentração da ocorrência ou abundância de espécies dentro de um grupo ou comunidade tipo em relação ao restante conjunto de dados.

Posteriormente, os inventários fitossociológicos foram agrupados em tabelas, tendo em conta o tipo de habitat, reunindo-se igualmente um conjunto de dados auxiliares sobre o local amostrado: número de inventário, altitude média (m), área mínima (m<sup>2</sup>) e grau de cobertura (%). No quadro fitossociológico, o nome da espécie foi abreviado a fim de evitar o uso de trinômios (*e.g.*, *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) (Griseb) Altschul para *Anadenanthera cebil*).

## Resultados

### Análise da flora existente nos afloramentos rochosos

Foram registradas 88 espécies de plantas vasculares nas áreas de estudo, distribuídas em 59 gêneros e 30 famílias. Destacam-se as famílias Fabaceae (20 spp.), Poaceae (dez spp.), Euphorbiaceae (sete spp.) e Convolvulaceae (seis spp.) (Tab. 2).

A Figura 3 mostra a distribuição das duas famílias mais representativas, assim como da riqueza específica e das espécies endêmicas. A riqueza específica média é de 13 espécies. O valor mínimo neste indicador situou-se nas sete espécies (em três dos inventários realizados), enquanto o valor máximo atingiu as 23 espécies (embora este seja considerado um *outlier* na distribuição tal como pode ser observado na Fig. 3). Foram também identificadas 19 espécies endêmicas do Brasil

**Tabela 2** – Caracterização das espécies identificadas nas cinco áreas de estudo localizadas nos municípios de Santa Quitéria, Sobral e Groaíras.

NC: nome comum. FV: formas de vida de Raunkiaer - Fa - fanerófito; Ca - caméfito; He - hemicíptofito; Te - terófito. OR: origem - Nat - nativa; Nat-end - nativa e endêmica; Exo-inv - exótica invasora. DF: domínios fitogeográficos - Caa - Caatinga; Caa/Ce - Caatinga e Cerrado; Caa/Ma - Caatinga e Mata Atlântica; Ad - ampla distribuição (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal). SU: substrato - Te - terrícola; Ru - rupícola. AE: áreas de estudo - A1 - Serrote dos Picos (04°01'34"S e 40°05'18"W); A2 - Serrote dos Picos (04°07'34"S e 40°08'01"W); A3 - Sítio Galinha de Angola (04°09'35"S e 40°09'33"W); A4 - Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha (04°03'35"S e 40°00'39"W); A5 - Lagoa do Peixe (03°56'39"S e 40°23'35"W).

**Table 2** – Characterization of the identified species in the five study areas located in the municipalities of Santa Quitéria, Sobral and Groaíras.

CN: common name. FV: life forms of Raunkiaer - Fa - phanerophyte; Ca - chamaephyte; He - hemicytrophite; Te - therophyte. OR: origin - Nat - native; Nat-end - native and endemic; Exo-inv - invasive alien. DG: phytogeographic domains - Caa - Caatinga; Caa/Ce - Caatinga and Cerrado; Caa/Ma - Caatinga and Mata Atlântica; Ad - wide distribution (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal). SU: substrate - Te - terrestrial; Ru - rupicolous. AE: study areas - A1 - Serrote dos Picos (04°01'34"S e 40°05'18"W); A2 - Serrote dos Picos (04°07'34"S e 40°08'01"W); A3 - Sítio Galinha de Angola (04°09'35"S e 40°09'33"W); A4 - Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha (04°03'35"S e 40°00'39"W); A5 - Lagoa do Peixe (03°56'39"S e 40°23'35"W).

Família/espécie	NC	FV	OR	DF	SU	AE				
						A1	A2	A3	A4	A5
<b>Amaranthaceae</b>										
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	cabeça-branca	Te	Nat	Ad	Ter	X	X			X
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	apaga-fogo	Te	Nat	Ad	Ter				X	X
<i>Froelichia humboldtiana</i> (Roem. & Schult.) Seub.	ervaço	Te	Nat	Caa/Ce	Ter	X		X	X	
<b>Asclepiadaceae</b>										
<i>Ditassa hastata</i> Decne.	-	Ca	Nat-end	Ad	Ru				X	
<b>Asteraceae</b>										
<i>Bidens bipinnata</i> L.	-	Te	Exo-inv	Ad	Ter					X
<b>Bignoniaceae</b>										
<i>Amphilophium crucigerum</i> (L.) L.G. Lohmann	pente-de-macaco	Fa	Nat	Ad	Ter				X	
<b>Boraginaceae</b>										
<i>Cordia oncocalyx</i> Allemão	pau-branco	Fa	Nat-end	Caa	Ter			X		X
<b>Bromeliaceae</b>										
<i>Encholirium spectabile</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	macambira-de-flecha	Ca	Nat-end	Ad	Ru			X	X	
<b>Cactaceae</b>										
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	mandacaru	Fa	Nat-end	Caa/Ce	Ter/Ru				X	
<i>Pilosocereus chrysolepis</i> (Vaupel) Byles & G.D.Rowley	facheiro	Fa	Nat-end	Caa	Ru				X	
<i>Pilosocereus gounellei</i> (FA.C.Weber) Byles & Rowley	xique-xique	Fa	Nat-end	Caa/Ce	Ter/Ru	X	X	X	X	X
<b>Capparaceae</b>										
<i>Crateva tapia</i> L.	trapiá	Fa	Nat	Ad	Ter		X		X	
<b>Cleomaceae</b>										
<i>Physostemon guianense</i> (Aubl.) Malme	-	Te	Nat	Ad	Ter			X		
<b>Combretaceae</b>										
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	mofumbo	Fa	Nat	Ad	Ter	X	X	X	X	
<b>Commelinaceae</b>										
<i>Commelina difusa</i> Burm.f.	trapoeraba-azul	Te	Nat	Ad	Ter				X	

Família/espécie	NC	FV	OR	DF	SU	AE				
						A1	A2	A3	A4	A5
<b>Convolvulaceae</b>										
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	-	He	Nat	Ad	Ter			X		
<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	-	Te	Nat	Ad	Ter			X		X
<i>Ipomoea decipiens</i> Dammer	-	He	Nat	Caa/Ma	Ter					X
<i>Ipomoea piurensis</i> O'Donell	-	He	Nat	Ad	Ter					X
<i>Jacquemontia evoluloides</i> (Moric.) Meisn.	-	Ca	Nat	Ad	Ter		X	X		X
<i>Jacquemontia gracilima</i> (Choisy) Hallier f.	-	Ca	Nat-end	Ad	Ter			X	X	
<b>Cyperaceae</b>										
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	capim-navalha	He	Nat	Ad	Ter		X		X	X
<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	barba-de-bode	He	Nat	Ad	Ter					X
<i>Pycnus lanceolatus</i> (Poir.) C.B.Clarke	junca	He	Nat	Ad	Ter	X				
<b>Euphorbiaceae</b>										
<i>Croton campestris</i> A. St.-Hil.	velame-do-campo	Fa	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Croton heliotropifolius</i> Kunth	velame	Fa	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	-	Te	Nat	Ad	Ter		X	X	X	X
<i>Croton sonderianus</i> Müll. Arg.	marmeleiro-preto	Fa	Nat-end	Caa	Ter	X	X	X		X
<i>Dalechampia scandens</i> L.	urtiga-mamão	He	Nat	Ad	Ter	X			X	
<i>Euphorbia bahiensis</i> (Klotzsch & Garcke) Boiss.	-	He	Nat	Ad	Ter	X	X	X		X
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	pinhão-bravo	Fa	Nat	Ad	Ter		X		X	X
<b>Fabaceae</b>										
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Smith	imburana-de-cheiro	Fa	Nat	Ad	Ter					X
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb) Altschul	angico	Fa	Nat	Ad	Ter			X		
<i>Arachis repens</i> Handro	grama-amendoim	Te	Nat-end	Ad	Ter	X				
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	feijão-de-rolinha	He	Nat	Ad	Ter					X
<i>Centrosema pascuorum</i> Mart. ex Benth.	centrosema	Te	Nat	Ad	Ter		X	X	X	X
<i>Chamaecrista amiciella</i> (H.S.Irwin & Barneby) H.S.Irwin & Barneby	-	Ca	Nat-end	Caa/Ce	Ter		X			
<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	-	He	Nat	Ad	Ter					X
<i>Chamaecrista linearis</i> (H.S.Irwin & Barneby) Afr.Fern. & E.P.Nunes	-	Ca	Nat-end	Ad	Ter		X		X	
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	mata-pasto	Ca	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	feijão-de-rola	Te	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	sabiá	Fa	Nat-end	Ad	Ter		X			
<i>Mimosa pudica</i> L.	malícia	Ca	Nat	Ad	Ter	X	X	X	X	X
<i>Mimosa sensitiva</i> L.	unha-de-gato	Ca	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema-preta	Fa	Nat	Caa/Ce	Ter					X
<i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P.Queiroz	catingueira	Fa	Nat-end	Caa/Ce	Ter			X		
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	catingueira	Fa	Nat	Ad	Ter					X

Família/espécie	NC	FV	OR	DF	SU	AE				
						A1	A2	A3	A4	A5
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	besouro	Ca	Nat	Ad	Ter					X
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	vassourinha	Ca	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Stylosanthes humilis</i> Kunth	erva-da-ovelha	Te	Nat	Ad	Ter		X	X	X	X
<i>Zornia brasiliensis</i> Vogel	urinária	Te	Nat	Ad	Ter				X	
<b>Hydroleaceae</b>										
<i>Hydrolea spinosa</i> L.	carqueja-do-pântano	Ca	Nat	Ad	Ter			X		
<b>Lamiaceae</b>										
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	hortelã-do-campo	Te	Nat	Ad	Ter					X
<i>Mesospaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	bamburral	Te	Nat	Ad	Ter	X	X	X		
<i>Vitex polygama</i> Cham.	azeitona do campo	Fa	Nat-end	Ad	Ter			X		
<b>Malvaceae</b>										
<i>Sida cordifolia</i> L.	malva-branca	Te	Nat	Ad	Ter			X		
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	malva-branca-cabeluda	Ca	Nat-end	Ad	Ter			X		
<i>Sida spinosa</i> L.	guanxuma-de-espinho	Fa	Nat	Ad	Ter		X		X	X
<i>Waltheria operculata</i> Rose	-	Ca	Nat	Ad	Ter		X	X	X	X
<b>Olacaceae</b>										
<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa-de-espinho	Fa	Nat	Ad	Ter		X		X	
<b>Oxalidaceae</b>										
<i>Oxalis cratensis</i> Oliv. ex Hook.	erva-imbú	Te	Nat	Ad	Ter					X
<i>Oxalis divaricata</i> Mart. ex Zucc.	mato-azedo	Ca	Nat-end	Ad	Ter	X		X		
<b>Passifloraceae</b>										
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	maracujá-do-mato	Fa	Nat	Ad	Ter			X		
<i>Passiflora foetida</i> L.	maracujá-de-estalo	Ca	Nat	Ad	Ter	X	X	X		
<b>Phyllanthaceae</b>										
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	quebra-pedra	Ca	Nat	Ad	Ter					X
<b>Phytolaccaceae</b>										
<i>Microtea glochidiata</i> Moq.	-	Te	Nat-end	Ad	Ter		X			X
<i>Microtea paniculata</i> Moq.	-	Te	Nat	Ad	Ter			X	X	
<b>Poaceae</b>										
<i>Aristida adscensionis</i> L.	capim-panasco-verdadeiro	Te	Exo-inv	Ad	Ter		X		X	
<i>Aristida setifolia</i> Kunth	-	Te	Nat	Ad	Ter	X		X	X	
<i>Chloris gayana</i> Kunth	capim-rhodes	He	Nat	Ad	Ter		X			
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	capim-de-roça	Te	Exo-inv	Ad	Ter	X				
<i>Eragrostis lehmaniana</i> Nees	-	He	Exo-inv	Caa	Ter			X	X	
<i>Homolepis isocalycia</i> (G.Mey.) Chase	-	He	Nat	Ad	Ter					X
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	capim-favorito	Te	Exo-inv	Ad	Ter				X	
<i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	-	Te	Nat	Ad	Ter				X	X



Família/espécie	NC	FV	OR	DF	SU	AE				
						A1	A2	A3	A4	A5
<i>Paspalum virgatum</i> L.	capim-navalha	He	Nat	Ad	Ter		X		X	X
<i>Urochloa mollis</i> (Sw.) Morrone & Zuloaga	-	Te	Exo-inv	Ad	Ter					X
<b>Polygalaceae</b>										
<i>Asemeia violacea</i> (Aubl.) J.F.B.Pastore & J.R.Abbott	roxinha	Te	Nat	Ad	Ter	X				X
<b>Portulacaceae</b>										
<i>Portulaca elatior</i> Mart.	-	Te	Nat	Ad	Ru		X	X		X
<i>Portulaca oleracea</i> L.	beldroega-da-horta	Te	Nat	Ad	Ter		X	X		
<b>Rubiaceae</b>										
<i>Diodella apiculata</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete	-	Ca	Nat	Ad	Ru		X	X		
<i>Diodella teres</i> (Walter) Small	quebra-tijela-de-folha-estreita	Te	Nat	Ad	Ter					X
<b>Turneraceae</b>										
<i>Piriqueta duarteana</i> (Cambess.) Urb.	-	Ca	Nat-end	Ad	Ter	X				
<i>Turnera pumilea</i> L.	-	Ca	Nat	Ad	Ter		X	X		X
<i>Turnera subulata</i> Sm.	chanana	Ca	Nat	Ad	Ter		X			
<b>Verbenaceae</b>										
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	gervão-de-folha	Te	Nat	Ad	Ter	X				
<i>Stachytarpheta microphylla</i> Walp.	chá-do-brasil	Te	Nat-end	Caa	Ter	X				
<b>Violaceae</b>										
<i>Pombalia communis</i> (A.St.-Hil.) Paula-Souza	-	Ca	Nat	Ad	Ter				X	X

(21,6% do total de espécies identificadas): *Arachis repens*, *Cereus jamacaru*, *Chamaecrista amiciella*, *Chamaecrista linearis*, *Cordia oncocalyx*, *Croton sonderianus*, *Ditassa hastata*, *Encholirium spectabile*, *Jacquemontia gracilis*, *Microtea glochidiata*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Oxalis divaricata*, *Pilosocereus chrysostele*, *Pilosocereus gounellei*, *Piriqueta duarteana*, *Poincianella bracteosa*, *Sida galheirensis*, *Stachytarpheta microphylla* e *Vitex polygama*. O número médio de espécies endêmicas do Brasil em cada inventário é 3, tendo sido encontrados 3 inventários que podem ser considerados *outliers*, com 5, 6 e 7 espécies endêmicas respectivamente (Fig. 3).

As formas de vida de Raunkiaer dominantes foram os terófitos (35,2%), seguidos pelos caméfitos (25,0%), fanerófitos (23,9%) e hemicriptófitos (15,9%) (Tab. 3), não tendo sido amostrado nenhum geófito (Fig. 4).

Esta evidência pode ainda ser observada na Tabela 4, com o espectro para cada uma das

cinco áreas de estudo, e na Figura 5, onde estão distribuídas as formas de vida de Raunkiaer em cada inventário apresentado nas Tabelas A2 e A3 (disponibilizadas no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

Em relação à ocorrência das espécies nos domínios fitogeográficos, verificou-se que 5,7% das espécies (*Cordia oncocalyx*, *Croton sonderianus*, *Eragrostis lehmaniana*, *Pilosocereus chrysostele* e *Stachytarpheta microphylla*) encontram-se restritas à Caatinga, 6,8% (*Cereus jamacaru*, *Chamaecrista amiciella*, *Froelichia humboldtiana*, *Mimosa tenuiflora*, *Pilosocereus gounellei* e *Poincianella bracteosa*) ocorrem na Caatinga e Cerrado, 1,1% (*Ipomoea decipiens*) na Caatinga e Mata Atlântica e 86,4% são de ampla distribuição geográfica (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal) (Tab. 3). Em relação à origem, 71,6% são nativas, 21,6% nativas e endêmicas do Brasil e 6,8% são exóticas invasoras (*Aristida adscensionis*, *Bidens bipinnata*, *Digitaria*

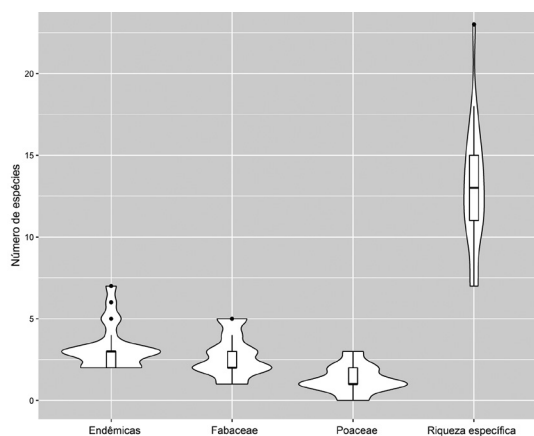
**Tabela 3** – Formas de vida, origem, domínios fitogeográficos e tipo de substrato das áreas de estudo (municípios de Santa Quitéria, Sobral e Groaíras).

FV: formas de vida de Raunkiaer - Fa - fanerófito, Ca - caméfito, He - hemicriptófito, Te - terófito. OR: origem - Nat - nativa, Nat-end - nativa e endêmica, Exo-inv - exótica invasora. DF: domínios fitogeográficos - Caa - Caatinga; Caa/Ce - Caatinga e Cerrado; Caa/Ma - Caatinga e Mata Atlântica; Ad - ampla distribuição (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal). SU: substrato - Ter - terrícola, Ru - rupícola. ne: número de espécies, %: percentagens.

**Table 3** – Life forms, origin, phytoecographic domains and substrate type and substrate type of study areas (municipalities of Santa Quitéria, Sobral and Groaíras).

FV: life forms of Raunkiaer - Fa - phanerophyte, Ca - chamaephyte, He - hemicryptophyte, Te - therophyte. OR: origin - Nat - native, Nat-end - native and endemic, Exo-inv - invasive alien. DF: phytoecographic domains - Caa - Caatinga, Caa/Ce - Caatinga and Cerrado, Caa/Ma - Caatinga and Mata Atlântica, Ad - wide distribution (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal). SU: substrate - Ter - terrestrial; Ru - rupicolous. ne: number of specie, %: percentages.

FV	ne	%	OR	ne	%	DF	ne	%	SU	ne	%
Fa	21	23,9	Nat	63	71,6	Caa	5	5,7	Ter	81	92,0
Ca	22	25,0	Nat-end	19	21,6	Caa/Ce	6	6,8	Ru	5	5,7
He	14	15,9	Exo-inv	6	6,8	Caa/Ma	1	1,1	Ter/Ru	2	2,3
Te	31	35,2				Ad	76	86,4			
Total	88	100	Total	88	100	Total	88	100	Total	88	100



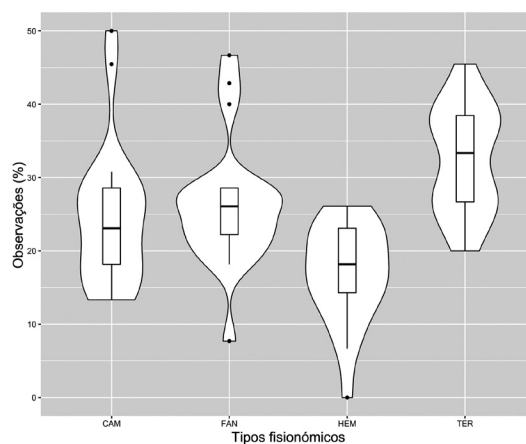
**Figura 3** – Violin-plot com a distribuição, por inventário, das espécies endêmicas, das leguminosas, das gramíneas e da riqueza específica.

**Figure 3** – Violin-plot of the distribution, by relevés, of endemic species, Fabaceae, Poaceae and specific richness.

*horizontalis*, *Eragrostis lehmaniana*, *Melinis repens* e *Urochloa mollis*) (Tab. 3).

Quanto ao tipo de substrato, 92,0% são reportadas na Flora do Brasil como terrícolas, 5,7% como rupícolas e 2,3% como rupícolas/terrícolas (Tab. 3).

Na Tabela 5 é apresentada a riqueza específica e o número de endemismos presentes nas estações estudadas. Verificou-se que a estação 5 na Lagoa do Peixe em Groaíras, embora com reduzida margem,



**Figura 4** – Violin-plot com a distribuição dos tipos fisionômicos de Raunkiaer (1934). CAM: caméfitos; FAN: fanerófitos; HEM: hemicriptófitos; TER: terófitos.

**Figure 4** – Violin-plot of the distribution of life forms sensu Raunkiaer (1934). CAM: chamaephytes; FAN: phanerophytes; HEM: hemicryptophytes; TER: therophytes.

apresentou o valor mais elevado (40,9%) enquanto na riqueza em endemismos foi a estação 3, com 9 espécies, no Sítio Galinha de Angola em Santa Quitéria.

### Análise da vegetação

Foram realizados 21 inventários fitossociológicos de acordo com o método de Braun-Blanquet ou clássico sigmatista (Tab. 6 e Tabs. A2 e A3, disponibilizadas no link <<https://doi.org/10.21909/rodri.2018.69.2.281-299>>).

**Tabela 4** – Espectro das formas de vida de Raunkiaer para cada área de estudo (%) – Te = terófitos; Ca = caméfitos; He = hemicriptófitos; Fa = fanerófitos. A1 = Serrote dos Picos (4°1'34''S, 40°5'18''W); A2 = Serrote dos Picos (4°7'34''S, 40°8'1''W); A3 = Sítio Galinha de Angola (4°9'35''S, 40°9'33''W); A4 = Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha (4°3'35''S, 40°0'39''W); A5 = Lagoa do Peixe (3°56'39''S, 40°23'35''W).

**Table 4** – Raunkiaer life-form spectra for each study area (%). Te = therophytes; Ca = chamaephytes; H = hemicryptophytes; Fa = phanerophytes. A1 = Serrote dos Picos (4°1'34''S, 40°5'18''W); A2 = Serrote dos Picos (4°7'34''S, 40°8'1''W); A3 = Sítio Galinha de Angola (4°9'35''S, 40°9'33''W); A4 = Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha (4°3'35''S, 40°0'39''W); A5 = Lagoa do Peixe (3°56'39''S, 40°23'35''W).

Áreas de estudo	Te	Ca	He	Fa	
A1	40,00	28,00	12,00	20,00	100
A2	30,00	30,00	13,33	26,67	100
A3	35,30	32,35	8,82	23,53	100
A4	34,29	20,00	14,29	31,42	100
A5	41,67	19,44	22,22	16,67	100
TOTAL	35.23	25.00	15.91	23.86	100

org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>). Nas áreas estudadas, determinaram-se as áreas mínimas de 8 e/ou 16 m<sup>2</sup> para as áreas ocupadas pela vegetação rupícola de fissuras e fendas das rochas e pelas ilhas de vegetação em áreas mais alargadas e com maior espessura de solo respetivamente.

Os inventários foram agrupados com base na semelhança florística e reunidos em tabelas (Tabs. A2 e A3, disponibilizadas no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>). No cabeçalho inscreveram-se as informações referentes a cada um dos inventários, nas linhas horizontais todas as espécies presentes nas áreas mínimas e nas colunas verticais, os respetivos índices de quantidade, por ordem decrescente de presenças.

A classificação TWINSpan separou os inventários em 5 grupos (Fig. 6), aos quais reconhecemos a correspondência de duas comunidades: A - Comunidade de *Pilosocereus gounellei* e *Encholirium spectabile* de fendas e fissuras rochosas nos municípios de Santa Quitéria, Sobral e Groaíras; e B - Comunidade de *Crateva tapia* e *Combretum leprosum* das ilhas de vegetação nos afloramentos rochosos nos municípios de Santa Quitéria e Sobral.

Na Tabela A1 (disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>) apresenta-se a separação dos grupos individualizados no dendrograma da Figura 6. A comunidade A foi ainda subdividida no grupo 1 e 3 (Fig. 6 e Tab. A1, (disponibilizada no link

**Tabela 5** – Riqueza específica e espécies endêmicas nas áreas estudadas (municípios de Santa Quitéria, Sobral e Groaíras). AE: Áreas de estudo. RE: riqueza específica. EN: espécies endêmicas.

**Table 5** – Specific richness and endemic species in the study areas (municipalities of Santa Quitéria, Sobral and Groaíras).

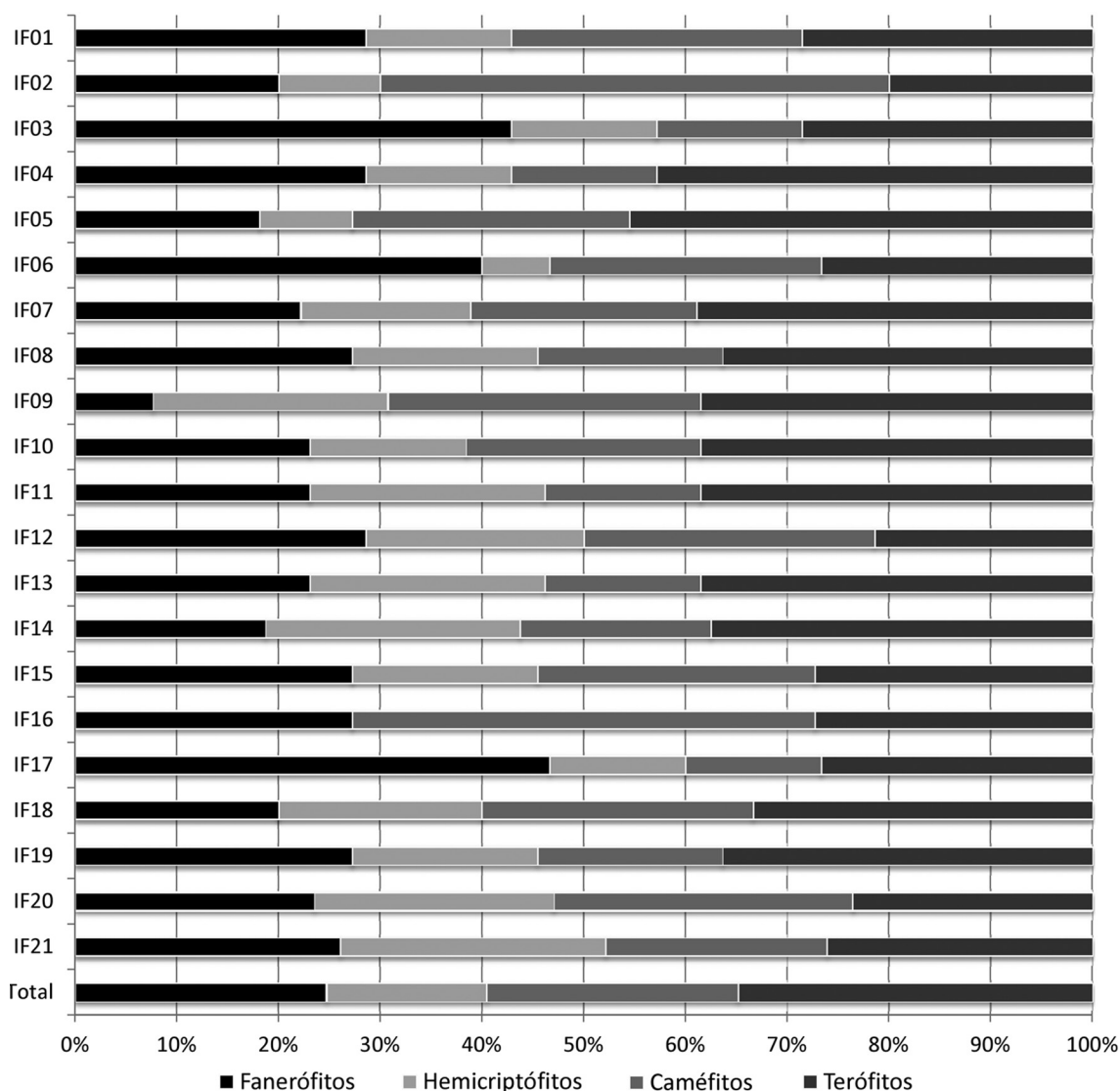
AE: Study areas. RE: specific richness. EN: endemic species.

AE	RE	EN
A1	26	<i>Arachis repens</i> , <i>Croton sonderianus</i> , <i>Oxalis divaricata</i> , <i>Piriqueta duarteana</i> , <i>Pilosocereus gounellei</i> , <i>Stachytarpheta microphylla</i>
A2	30	<i>Chamaecrista amiciella</i> , <i>Chamaecrista linearis</i> , <i>Croton sonderianus</i> , <i>Microtea glochidiata</i> , <i>Mimosa caesalpinifolia</i> , <i>Pilosocereus gounellei</i>
A3	34	<i>Cordia oncocalyx</i> , <i>Croton sonderianus</i> , <i>Encholirium spectabile</i> , <i>Jacquemontia gracilis</i> , <i>Oxalis divaricata</i> , <i>Pilosocereus gounellei</i> , <i>Poianciana bracteosa</i> , <i>Sida galheirensis</i> , <i>Vitex polygama</i>
A4	35	<i>Cereus jamacaru</i> , <i>Chamaecrista linearis</i> , <i>Ditassa hastata</i> , <i>Encholirium spectabile</i> , <i>Jacquemontia gracilis</i> , <i>Pilosocereus chrysostele</i> , <i>Pilosocereus gounellei</i>
A5	36	<i>Cordia oncocalyx</i> , <i>Croton sonderianus</i> , <i>Microtea glochidiata</i> , <i>Pilosocereus gounellei</i>

**Tabela 6** – Distribuição do número de inventários realizados em cada área de estudo e respectivas áreas mínimas. AE: Áreas de estudo. AM: área mínima. NIR: número de inventários realizados em cada área de estudo. NI: número do inventário de acordo com as Tabelas A2 e A3 do Anexo.

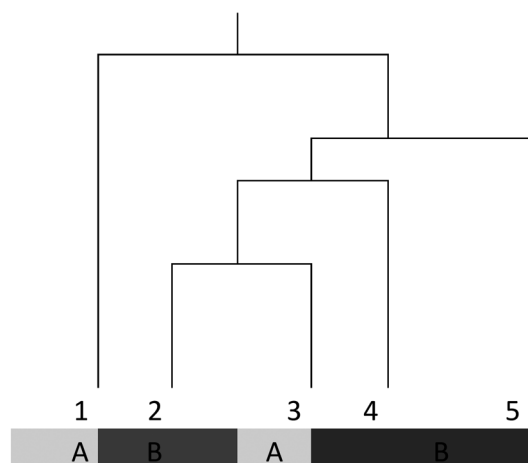
**Table 6** – Distribution of the number of relevés carried out in each study area and respective minimum area. AE: Study areas. AM: minimum area. NIR: number of relevés carried out in each study area. NI: number of the relevés according with the Tables A2 and A3 included in the Annex.

	AE	AM	NIR	NI
[A1]	Serrote dos Picos	8 e 16 m <sup>2</sup>	7	1–4; 14–16
[A2]	Serrote dos Picos	8 e 16 m <sup>2</sup>	1	5
[A3]	Sítio Galinha de Angola	8 e 16 m <sup>2</sup>	4	6–8; 17
[A4]	Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha	16 m <sup>2</sup>	5	9; 18–21
[A5]	Lagoa do Peixe	16 m <sup>2</sup>	4	10–13



**Figura 5** – Distribuição, por inventário, dos tipos fisionômicos de Raunkiaer (1934).

**Figure 5** – Distribution, by relevés, of life forms sensu Raunkiaer (1934).



**Figura 6** – Dendrograma da classificação TWINSpan. A – Comunidade de *Pilosocereus gounellei* e *Encholirium spectabile*; B - Comunidade de *Crateva tapia* e *Combretum leprosum*.

**Figure 6** – Dendrogram of TWINSpan classification. A - Community *Pilosocereus gounellei* and *Encholirium spectabile* community; B - *Crateva tapia* and *Combretum leprosum* community.

<<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>. Estas subdivisões refletem a presença de espécies de comunidades de contato, inclusive, com a comunidade B. Assim sendo, o grupo 3 ficou separado do grupo 1 da comunidade A pelo fato de incorporar algumas espécies da comunidade B, na sua composição florística. Esta situação poder-se-á justificar pela localização do afloramento rochoso (A5 - Lagoa do Peixe, Groaíras) numa área dominada pela Floresta Caducifolia Espinhosa (umbrófila) e pelo microclima mais fresco e úmido.

A tabela sinóptica (Tab. A1, (disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>) mostra que a fidelidade obtida para a espécie *Crateva tapia* tem elevada frequência e fidelidade significativa na comunidade B, sendo uma das espécies que melhor diferencia a comunidade A da comunidade B.

#### 1. Comunidade de *Pilosocereus gounellei* e *Encholirium spectabile*

Trata-se de uma comunidade que cresce nas fendas e fissuras dos afloramentos rochosos de baixa altitude, cujos habitats são caracterizados pelo reduzido teor de umidade e pouco solo acumulado. São formações altas e espinhosas, com variação em altura de 0,30 a 2 m, xerófilas, muito resistentes à seca, circunscritas aos afloramentos

rochosos, dominadas pelo *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) e onde se destaca o *Encholirium spectabile* (macambira-de-flecha) na área de estudo 3 (Sítio Galinha de Angola, Santa Quitéria) (Tabs. A1 e A2, disponibilizadas no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>). Além do *Pilosocereus gounellei* e *Encholirium spectabile*, foram identificadas outras espécies rupícolas tais como *Physostemon guianense*, *Portulaca elatior* e *Turnera pumilea* (Tab. A2, (disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

As espécies companheiras constituem um elenco florístico bastante diversificado de árvores e arbustos de pequenas dimensões (*frutescens*) que crescem, nas ilhas de vegetação (depressões entre rochas) onde existe substrato suficiente para enraizarem, como o *Combretum leprosum* (mofumbo), *Cordia oncocalyx* (pau-branco), *Croton heliotropiifolius* (velame), *Croton hirtus*, *Croton sonderianus* (marmeleiro-preto), *Jatropha molissima* (pinhão-bravo) e *Poincianella bracteosa* (catingueira), acompanhados por vários subarbustos, herbáceas e lianas (Tab. A2, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

#### 2. Comunidade de *Crateva tapia* e *Combretum leprosum*

Nas ilhas de vegetação, cujas áreas mínimas variaram de 10 a 16 m<sup>2</sup> e com substrato suficiente para enraizarem pequenas árvores e arbustos, encontram-se manchas (*patches*) de comunidades pioneiras rústicas, capazes de sobreviver em condições muito adversas. No início da sucessão, estas ilhas foram colonizadas por espécies efêmeras das comunidades circunvizinhas e posteriormente, quando o substrato foi ficando mais profundo começaram a aparecer as pioneiras com maior porte, as arbustivas e as arbóreas, pouco exigentes em solos férteis (Figueiredo 2010). Fazem parte deste grupo as espécies identificadas nas áreas de estudo 2 (Serrote dos Picos), 3 (Sítio Galinha de Angola) e 4 (Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha): *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (angico), *Crateva tapia* (trapiá), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Combretum leprosum* (mofumbo), *Cordia oncocalyx* (pau-branco), *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), *Poincianella bracteosa* (catingueira), *Ximenia americana* (ameixa-de-espinho) (Tab. A3, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

Na análise da Tab. A3 (disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>), destaca-se uma comunidade dominada por *Crateva tapia* (trapiá) e *Combretum leprosum* (mofumbo), por serem duas espécies muito resistentes em situações desfavoráveis.

As espécies companheiras são pequenos arbustos, subarbustos e herbáceas que pertencem a várias famílias botânicas que se encontram na envoltória dos afloramentos rochosos (Tab. A3, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

## Discussão

A pertinência da análise apresentada deve-se não só à elevada diversidade existente no bioma Caatinga (Moro *et al.* 2014), mas também devido à necessidade de se efetuarem análises focadas nos habitats associados aos afloramentos rochosos em geral, tal como anteriormente referido por vários autores (Meirelles *et al.* 1999; Caiafa & Silva 2007; Gomes *et al.* 2011), em particular nas ilhas de vegetação aí existentes (Meirelles *et al.* 1999). Os afloramentos rochosos constituem uma barreira seletiva à ocupação e estabelecimento de espécies vegetais. Neles, os habitats rupícolas caracterizam-se principalmente pela ausência e/ou escassez de solo, pelas características edáficas, por fatores micro-climatológicos limitantes potenciados por características geomorfológicas e pela natureza geológica das rochas (*e.g.*, Abreu *et al.* 2012; Arruda *et al.* 2015; Carlucci *et al.* 2015).

Para a área de estudo foram identificadas 89 espécies pertencentes a 60 gêneros e 31 famílias botânicas. *Fabaceae* é a família que apresenta o maior número de espécies (20 spp.), a *Poaceae* com dez spp., *Euphorbiaceae* com sete spp. e *Convolvulaceae* com 6 spp. Estes resultados são coincidentes com vários estudos que enfatizam estas famílias dentre as mais representativas em vegetação rupestre na Caatinga (Araújo *et al.* 2005; Gomes & Alves 2010; Gomes *et al.* 2011; Tölke *et al.* 2011; Sales-Rodrigues *et al.* 2014). No entanto, os resultados obtidos não evidenciam a presença de *Orchidaceae*, e apenas foi identificada uma espécie da família *Bromeliaceae* ao contrário de outros trabalhos que salientam a elevada abundância de espécies destas duas famílias (Porto *et al.* 2008; Gomes & Alves 2010; Pessoa & Alves 2014; Silva *et al.* 2015). Uma vez que o objetivo central era testar o método fitossociológico na identificação das comunidades rupícolas, as amostragens concentraram-se num período fenológico apenas,

sendo que uma amostragem mais exaustiva ao longo do ano poderá aumentar o elenco florístico destas áreas.

Na análise global das formas de vida de Raunkier, assim como nos espectros das áreas de estudo quando analisadas isoladamente, os terófitos são dominantes, seguidos pelos fanerófitos, caméfitos e hemicriptófitos. Outros trabalhos evidenciam o domínio dos terófitos neste tipo de ecossistemas na Floresta Atlântica, na Pedra do Trevo (Catende) e no Lajedo do Uruçu (Maraiá), no estado de Pernambuco no Nordeste do Brasil (Gomes & Sobral-Leite 2013), ou de fanerófitos e terófitos na região semiárida do nordeste brasileiro, também no estado de Pernambuco (Gomes & Alves 2010). Ao contrário dos resultados obtidos neste estudo, Conceição *et al.* (2007b) encontraram um predomínio de fanerófitos e hemicriptófitos em afloramentos rochosos quartzíticos na Chapada Diamantina, no estado da Bahia. De acordo com a meta-análise publicada recentemente por Moro *et al.* (2016) na Caatinga do cristalino e nos inselbergues da Caatinga os terófitos são dominantes, enquanto a Caatinga do sedimentar apresenta uma dominância dos fanerófitos.

Foram também encontradas 19 espécies endêmicas do Brasil. Apesar de alguns afloramentos rochosos estarem próximos de zonas urbanas - Sítio da Galinha da Angola em Santa Quitéria e Lagoa do Peixe em Groaíras - não se verificaram, nas comunidades rupícolas a presença de espécies nitrófilas.

Propõe-se duas comunidades fitossociológicas em lajedos da Caatinga na região estudada, a de “*Pilosocereus gounellei* e *Encholirium spectabile*” de fendas e fissuras rochosas (Tab. A2, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>) e a de *Crateva tapia* e *Combretum leprosum* das ilhas de vegetação entre os afloramentos rochosos (Tab. A3, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>).

Em relação à primeira comunidade, Taylor & Zappi (2002) referem que na distribuição das espécies da família *Cactaceae* no Brasil, o *Pilosocereus gounellei* (xiquexique) é uma espécie exclusiva da Caatinga. Desenvolve-se nas áreas mais secas da região semiárida do Nordeste, em solos delgados e multiplica-se regularmente nos afloramentos rochosos, cobrindo extensas áreas da Caatinga principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia (Gomes 1977), sendo uma das espécies mais comuns no bioma (Moro *et al.*

2014). De um modo geral, esta formação encontra-se em condições edafoclimáticas caracterizadas por elevadas temperaturas, precipitações pluviométricas irregulares e baixa fertilidade natural do solo (Taylor & Zappi 2002). Na época da seca, o xique-xique em particular, é utilizado na pecuária como uma alternativa forrageira na alimentação de ruminantes (Silva *et al.* 2005, 2011), em que a parte aérea da planta é cortada e queimada para eliminação dos espinhos, e posteriormente fornecida aos animais (Cavalcanti & Resende 2007). Em algumas regiões a queima do xique-xique é feita no local onde crescem e os animais consomem diretamente no campo. Esta prática tem causado sérios danos à vegetação de lagedo, porque as plantas queimadas acabam por morrer (Cavalcanti & Resende 2007).

*Encholirium spectabile* também se encontra restrita aos afloramentos rochosos em regiões do semiárido do Nordeste brasileiro (Ramalho *et al.* 2004), nos estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia (Smith & Downs 1974; Forzza *et al.* 2003, 2005; BFG 2015) em solos areno-pedregosos ou afloramentos rochosos (Forzza 2001).

Foi inventariada na área de estudo 3 (Sítio Galinha de Angola - Santa Quitéria) em agrupamentos monoespecíficos cobrindo em 2015, menos de 5% das áreas mínimas (inventários fitossociológicos 6, 7 e 8 da Tab. 2, disponibilizada no link <<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5915233.v2>>). Este táxon que foi avaliado como de menos interesse por Forzza (2003), não é beneficiado por proteção legal no Brasil. O fogo, a mineração, o pastoreio e a coleta de espécimes desta bromeliácea não controlados, poderão contribuir para a degradação acelerada do seu habitat natural.

A segunda comunidade, dominada por *Crateva tapia* e *Combretum leprosum* foi inventariada em áreas mínimas que oscilaram de 8 a 16 m<sup>2</sup> (Tab. A3 do Anexo), nas ilhas de vegetação com substrato suficiente para o enraizamento de árvores e arbustos provenientes das comunidades circunvizinhas pouco exigentes em solos férteis (Figueiredo 2010). O trapiá (*Crateva tapia*) é uma espécie nativa amplamente distribuída no Brasil (norte, nordeste, centro-oeste e sudeste), comum nos domínios da Amazônia, Caatinga, Cerrado, e Mata Atlântica (Cornejo & Iltis 2008). Apresenta copa arredondada e densa, sendo recomendada para arborização e restauração de áreas degradadas por ação antrópica (Silva *et al.* 2007). A espécie

neotropical *Combretum leprosum* (mofumbo) tem distribuição exclusiva na América do Sul e encontra-se na Bolívia, Paraguai (Loiola *et al.* 2009), nos estados do norte e nordeste brasileiro, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Chaves *et al.* 2007). Está considerada como espécie pioneira, semidecídua, xerófila e heliófila, além de ser utilizada também na recuperação de áreas degradadas (Maia 2004).

Numa escala mais alargada onde estejam incluídos inselbergues, que são grandes rochas ou grupo de rochas monolíticas que emergem acima da planície (*e.g.*, Gomes & Alves 2009; Moro *et al.* 2015a; Sales-Rodrigues *et al.* 2014). Esta classificação deverá ser alterada pela inclusão de novas espécies adaptadas à altitude, à composição da rocha, à forma do relevo e à biogeografia, entre outros fatores, além de justificar a ausência, nos lajedos estudados, de espécies das famílias *Orchidaceae* e *Bromeliaceae* (apenas foi identificada uma espécie desta última) (França *et al.* 1997; Gomes & Alves 2009). Por outro lado, o elenco florístico destes afloramentos rochosos foi condicionado pela época de coleta (março de 2014 e 2015), e constituiu-se como uma limitação deste estudo. As variadas perturbações antrópicas e pastoreio mais ou menos acentuadas poderão igualmente ter efeitos na distribuição espacial e na diversidade das espécies (Silva *et al.* 2014; Pereira *et al.* 2014). Estas observações evidenciam a necessidade de reforço na aquisição de conhecimento sobre estes ecossistemas para que assim seja possível suportar o desenvolvimento de estratégias de conservação adaptadas às realidades de cada local em função da maior ou menor especificidade (ou raridade) das comunidades vegetais (e animais que por elas são suportados), do regime de perturbações ecológicas ou ainda de mudanças expectáveis no clima (Leal *et al.* 2005; Albuquerque *et al.* 2012; Oliveira *et al.* 2012; Silva *et al.* 2014).

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos estudantes do Curso de Ciências Biológicas/UVA, Ana Carolina Brasileiro Melo, Dalnye Menezes Teles, Daniela Bastos Ramos, José Alves, Maria Tereza Albuquerque Alves; assim como ao Sr. Lourival Vieira da Silva da Fazenda da UVA, e à Dr.<sup>a</sup> Maria Vilma Gomes Mendes da Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Pedra da Andorinha, que colaboraram nas saídas de campo, e à Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA),

o apoio logístico durante a estadia da primeira autora no Brasil. Os autores agradecem ainda os comentários e sugestões dos revisores e do editor. Este trabalho foi parcialmente financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do Financiamento Estratégico UID/AGR/04129/2013 concedido ao Centro de Investigação em Agronomia, Alimentos, Ambiente e Paisagem do Instituto Superior de Agronomia (Universidade de Lisboa), e UID/AGR/00115/2013 concedido ao Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas.

## Referências

- Abreu MF, Pinto JRR, Maracahipes L, Gomes L, Oliveira EA, Marimon BS, Marimon Junior BH, Farias J & Lenza E (2012) Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35: 259-272.
- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EMN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG, Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves RRN, Azevedo-Júnior SM, Telino Júnior WR & Severi W (2012) Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal* 2012: 205182.
- Alexandre DMB, Andrade EMD, Lopes FB, Palácio HAQ & Ferreira ACDS (2010) The water quality investigation using GIS and multivariable analysis in a semiarid region reservoir. *Revista Ciência Agronômica* 41: 554-561.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL & Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- Amorim IL, Sampaio EVSB & Araújo EL (2009) Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore* 33: 491-499.
- Amorim IL, Sampaio EVSB & Araújo EL (2005) Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 615-623.
- Apgaua DMG, Santos RM, Pereira DGS, Menino GCO, Pires GG, Fontes MAL & Tng DYP (2014) Beta-diversity in seasonally dry tropical forests (SDTF) in the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 23: 217-232.
- Araújo EL, Silva KA, Ferraz EMN, Sampaio EVSB & Silva SI (2005) Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 285-294.
- Araújo FS, Costa RC, Lima JR, Vasconcelos SF, Girão LC, Sobrinho MS, Bruno MMA, Souza SSG, Nunes EP, Figueiredo MA, Lima-Verde LW & Loliola MIB (2011) Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. *Rodriguésia* 62: 341-366.
- Araújo FS, Oliveira RF & Lima-Verde LW (2008) Composição, espectro biológico e síndromes de dispersão da vegetação de um inselbergue no domínio da Caatinga, Ceará. *Rodriguésia* 59: 659-671.
- Ariza FJA (2010) El método fitosociológico. *In: Geobotánica Tema 13. Universidad de Murcia. España. Disponível em <http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema13.pdf>*. Acesso em 6 maio 2016.
- Arruda DM, Schaefer CE, Corrêa GR, Rodrigues PM, Duque-Brasil R, Ferreira-Júnior WG & Oliveira-Filho AT (2015) Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. *Folia Geobotanica* 50: 175-184.
- BFG - The Brazil Flora Group (2015) Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66: 1085-1113.
- Braun-Blanquet J (1979) *Fitosociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume, Madrid. 820p.
- Burke A (2002a) Island-matrix relationships in Nama Karoo inselberg landscapes Part I: do inselbergs provide a refuge for matrix species? *Plant Ecology* 160: 79-90.
- Burke A (2002b) Island-matrix relationships in Nama Karoo inselberg landscapes Part II: are some inselbergs better sources than others? *Plant Ecology* 158: 41-48.
- Caiafa AN & Silva AFD (2007) Structural analysis of the vegetation on a highland granitic rock outcrop in Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 30: 657-664.
- Carlucci MB, Bastazini VA, Hofmann GS, Macedo JH, Job G, Duarte LD, Hartz SM & Müller SC (2015) Taxonomic and functional diversity of woody plant communities on opposing slopes of inselbergs in southern Brazil. *Plant Ecology & Diversity* 8: 187-197.
- Cavalcanti NB & Resende GM (2007) Consumo de xiquexique (*Pilocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) por caprinos no semi-árido da Bahia. *Revista Caatinga* 20: 22-27.
- Chaves EMF, Barros RFM & Araújo FS (2007) Flora Apícola do Carrasco no Município de Cocal, Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 555-557.
- Chytrý M, Tichý L, Holt J & Botta-Dukát Z (2002) Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science* 13: 79-90.



- Conceição AA, Giulietti AM & Meirelles ST (2007a) Ilhas de vegetação em afloramentos de quartzito-arenito no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 21: 335-347.
- Conceição AA, Pirani JR & Meirelles ST (2007b) Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of Chapada Diamantina", Northeast Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 30: 641-656.
- Cornejo X & Iltis HH (2008). A revision of the American species of the genus *Crateva* (Capparaceae). *Harvard Papers in Botany* 13: 121-135.
- Costa ECS, Lopes SF & Melo JIM (2015) Floristic similarity and dispersal syndromes in a rocky outcrop in semi-arid Northeastern Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 63: 827-843.
- Costa RC, Araújo FS & Lima-Verde LW (2007) Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. *Journal of Arid Environments* 68: 237-247.
- Cunha TJF, Petrele VG, Silva DJ, Mendes AMS, Melo RF, Oliveira Neto MB, Silva MSL & Álvarez IA (2010) Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In: Sá IB & Silva PCG* (eds.) *Semiárido brasileiro. Pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Embrapa Semiárido, Petrolina. Pp. 49-87.
- Destro N, Szatmari P & Ladeira EA (1994) Post-Devonian transpressional reactivation of a Proterozoic ductile shear zone in Ceará, NE Brazil. *Journal of Structural Geology* 16: 35-45.
- Ferraz EMN, Rodal MJN, Sampaio EVSB & Pereira RCA (1998) Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Revista Brasileira de Botânica* 21: 7-15.
- Figueiredo MA (1997) A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). *In: Atlas do Ceará*. Governo do estado do Ceará, IPLANCE, Fortaleza, 65p.
- Figueiredo JM (2010) Revegetação de áreas antropizadas da Caatinga com espécies nativas. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB. 47p.
- Forzza RC (2001) Filogenia da tribo Puyeeae Wittm. e revisão taxonômica do gênero *Encholirium* Mart. ex Schullt. & Schullt. F. (Pitcairnioideae - Bromeliaceae). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 208p.
- Forzza RC (2005) Revisão taxonômica de *Encholirium* Mart. (Pitcairnioideae - Bromeliaceae). *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 23: 1-49.
- Forzza RC, Christianini AV, Wanderley MGL & Buzato S (2003) *Encholirium* (Pitcairnioideae - Bromeliaceae): conhecimento atual e sugestões para conservação. *Vidália* 1: 7-20.
- França F, Melo E & Santos CC (1997) Flora de inselbergs da região de Milagres, Bahia, Brasil: I. Caracterização da vegetação e lista de espécies de dois inselbergs. *Sutientibus* 17: 163-184.
- França F, Melo E, Santos AKA, Melo JGAN, Marques M, Silva-Filho MFB, Moraes L & Machado C (2005) Estudos ecológico e florístico em ilhas de vegetação de um inselberg no semi-árido da Bahia, Brasil. *Hoehnea* 32: 93-101.
- Freise FW (1938) The drought region of northeastern Brazil. *Geographical Review* 28: 363-378.
- Géhu JM & Rivas-Martínez S (1981) Notions fondamentales de phytosociologie. *In: Dierschke H* (ed.) *Syntaxonomie*. Cramer, Vaduz. Pp 5-33.
- Gomes P & Alves M (2009) Floristic and vegetational aspects of an inselberg in the semi-arid region of Northeast Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 66: 329-346.
- Gomes P & Alves M (2010) Floristic diversity of two crystalline rocky outcrops in the Brazilian northeast semi-arid region. *Brazilian Journal of Botany* 33: 661-676.
- Gomes P, Costa KCC, Rodal MJN & Alves M (2011) Checklist of Angiosperms from the Pedra Furada Municipal Park, northeastern Brazil. *Check List* 7: 173-181.
- Gomes P & Sobral-Leite M (2013) Crystalline rock outcrops in the Atlantic forest of northeastern Brazil: vascular flora, biological spectrum, and invasive species. *Brazilian Journal of Botany* 36: 111-123.
- Gomes RP (1977) *Forragens fartas na seca*. 4.ª ed. Nobel, São Paulo. 233p.
- Hill MO (1979) TWINSPLAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data on an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, New York. 90p.
- Hintze J & Nelson R (1998) Violin Plots: a box plot density trace synergism. *The American Statistician* 52: 181-184.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004) Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em 15 abril 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) Manual técnico da vegetação brasileira (manuais técnicos de geociências nº. 1). 2.ª ed. IBGE, Rio de Janeiro. 271p.
- Kluge M & Brulfert J (2000) Ecophysiology of vascular plants on inselbergs. *In: Porembski S & Barthlott W* (eds.) *Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 143-176.
- Larson DW, Matthes U & Kelly PE (2000) *Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge. 360p.
- Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M & Lacher TE (2005) Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. *Conservation Biology* 19: 701-706.

- Loiola MIB, Rocha EA, Baracho GS & Agra MF (2009) Flora da Paraíba, Brasil: Combretaceae. *Acta Botânica Brasilica* 23: 330-342.
- Lorenzi H (2008) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 1384p.
- Maia GN (2004) Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. D&Z Computação Gráfica e Editora, São Paulo. 413p.
- Marques FA, Nascimento AF, Araújo Filho JC & Silva AB (2014) Solos do Nordeste. EMBRAPA, Brasília. 8p.
- Martinelli G (2007) Mountain biodiversity in Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 30: 587-597.
- Martins FR & Batalha MA (2011) Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. In: Felfili JM, Eisenlohr PV, Fiuza de Melo MMR, Andrade LA & Meira Neto JAA (org.) *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso*. Vol. 1. Editora UFV, Viçosa. Pp. 44-85.
- Meirelles ST, Pivello VR & Joly CA (1999) The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. *Environmental Conservation* 26: 10-20.
- Moraes AO, Melo E, Agra MF & França FA (2009) Família Solanaceae nos "Inselbergs" do semi-árido da Bahia, Brasil. *Iheringia* 64: 109-122.
- Moro MF, Lughadha EN, Araújo FS & Martins FR (2016) A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. *The Botanical Review* 82: 91-148.
- Moro MF, Lughadha EN, Filer DL, Araújo FS & Martins FR (2014) A catalogue of the vascular plants of the Caatinga phytogeographical domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. *Phytotaxa* 160: 1-118.
- Moro MF, Macedo MB, Moura-Fé MM, Castro ASF & Costa RC (2015a) Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. *Rodriguésia* 66: 717-743.
- Moro MF, Silva IA, Araújo FS, Lughadha EN, Meagher TR & Martins FR (2015b) The role of edaphic environment and climate in structuring phylogenetic pattern in seasonally dry tropical plant communities. *PLoS ONE* 10: e0119166.
- Moro MF, Sousa VC, Oliveira-Filho AT, Queiroz LP, Fraga CN, Rodal MJN, Araujo FS & Martins FR (2012) Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? *Acta Botanica Brasilica* 26: 991-999.
- Morrone JJ (2001) Biogeografía de América Latina y el Caribe. M&T - Manuales y Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza (España). 55p.
- Neves BBDB (1998) The Cambro-Ordovician of the Borborema province. *Boletim IG-USP, Série Científica* 29: 175-193.
- Oliveira G, Araújo MB, Rangel TF, Alagador D & Diniz-Filho JAF (2012) Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Biodiversity and Conservation* 21: 2913-2926.
- Pereira MMD, Braga PET & Guiomar N (2014) Análise dos diferentes estágios de desenvolvimento da caatinga em Sobral, Ceará, Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 16: 46-65.
- Pessoa E & Alves M (2014) *Orchidaceae* em afloramentos rochosos do estado de Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 65: 717-734.
- Peulvast J-P & Betard F (2015) Landforms and landscape evolution of the equatorial margin of Northeast Brazil: an overview. Springer, Cham. 186p.
- Poremski S (2007) Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Brazilian Journal of Botany* 30: 579-586.
- Poremski S, Barthlott W, Dörrstock S & Biedinger N (1994) Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains and ferricretes - remarks on species numbers and endemism. *Flora* 189: 315-326.
- Poremski S, Martinelli G, Ohlemuller R & Barthlott W (1998) Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in Brazilian Atlantic forest. *Diversity and Distributions* 4: 107-119.
- Poremski S, Szarzynski J, Mund J-P & Barthlott W (1996) Biodiversity and vegetation of small-sized inselbergs in a West African rain forest (Taï, Ivory Coast). *Journal of Biogeography* 23: 47-55.
- Porto PAF, Almeida A, Pessoa WJ, Felix LP & Trovão D (2008) Composição florística de um inselbergue no Agreste paraibano, município de Esperança, Nordeste do Brasil. *Revista Caatinga* 21: 214.
- Prata APN, Amaral MCE, Farias MCV & Alves M (2013) Flora de Sergipe. Gráfica e Editora Triunfo, Aracaju. 8p.
- Queiroz LP (2009) Leguminosas da Caatinga. Multimídia Indústria, Comércio e Editora, Feira de Santana. 443p.
- R Development Core Team, 2015. R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Vienna, Austria. Disponível em <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em 15 novembro 2017.
- Ramalho M, Batista MA & Silva M (2004) *Xylocopa (Monoxycopa) abbreviata* Hurd & Moure (*Hymenoptera: Apidae*) e *Encholirium spectabile (Bromeliaceae)*: uma associação estreita no semiárido do Brasil Tropical. *Neotropical Entomology* 33: 417-425.
- Raunkiaer C (1934). The life forms of plants and statistical geography. Clarendon, Oxford. 104p.
- Ribeiro KT, Medina BMO & Scarano FR (2007). Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 623-639.

- Robertson AW, Kirshner S & Smyth P (2004) Downscaling of daily rainfall occurrence over northeast Brazil using a hidden Markov model. *Journal of Climate* 17: 4407-4424.
- Rodal MJN, Sampaio EVSB & Figueiredo MA (org.) (2013) Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico - ecossistema caatinga. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília. 24p.
- Rodrigues JMD & Lima EC (2015) Análise dos sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Bom Jesus-Taperuaba-CE. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 17: 60-79.
- Rodrigues WA & Pires JM (1988) Inventário fitossociológico. Anais do Encontro sobre Inventários Florísticos na Amazônia, Manaus. 5p.
- Sales-Rodrigues J, Brasileiro JCB & Melo JIM (2014) Flora de um inselberg na mesorregião agreste do estado da Paraíba-Brasil. *Polibotânica* 37: 47-61.
- Santos CAC, Brito JIB, Rao TVR & Menezes HEA (2009) Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia* 24: 39-47.
- Scarano FR (2007) Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. *Brazilian Journal of Botany* 30: 561-568.
- Silva FKG, Lopes SF, Lopez LCS, Melo JIM & Trovão DMBM (2014) Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. *Journal of Arid Environments* 110: 47-52.
- Silva JGM, Silva DS, Pereira WE, Diniz MCNM, Silva GJAM & Medeiros MR (2011) Características morfológicas e produção do xiquexique cultivado em diferentes densidades. *Revista Centauro* 2: 8-17.
- Silva JGM, Silva DS, Ferreira MA, Lima GFC, Melo AAS & Diniz MCNM (2005) Xiquexique [*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.] em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34: 1408-1417.
- Silva KB, Alves EU, Bruno RLA, Gonçalves EP, França PRC, Nascimento IL & Lima CR (2007) Substratos para germinação e vigor em sementes de *Crataeva tapia* L. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 111-113.
- Silva TDS, Felix LP & Melo JIMD (2015) *Bromeliaceae* and *Orchidaceae* on rocky outcrops in the Agreste Mesoregion of the Paraíba State, Brazil. *Hoehnea* 42: 345-365.
- Smith LB & Downs RJ (1974) Flora neotropica Monograph 14 (Pitcairnioideae) (Bromeliaceae). Hafner Press, New York. 658p.
- Soares-Neto RL, Magalhães FAL, Tabosa FRS, Moro MF, Costa e Silva MB & Loiola MIB (2014) Flora of Ceará state, Brazil: *Capparaceae*. *Rodriguésia* 65: 671-684.
- Sobrinho JF (2009) Geo-história ambiental do Vale do Acaraú. Edições universitárias, Universidade Estadual Vale do Acaraú. 97p.
- Sokal RR & Rohlf FJ (1995) Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3<sup>rd</sup> edition. W. H. Freeman and Co. New York. 880p.
- Sun L, Li H, Ward MN & Moncunill DF (2007) Climate variability and corn yields in semiarid Ceará, Brazil. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 46: 226-240.
- Tabarelli M, Vicente A & Barbosa DCA (2003) Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in north-eastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 53: 197-210.
- Taylor NP & Zappi DC (2002) Distribuição das espécies de *Cactaceae* na caatinga. In: Sampaio EVSB, Giulietti AM, Virgínio J & Gamarra-Rojas CFL (eds.) *Vegetação e flora da caatinga*. APNE/CNIP, Recife. Pp.123-125.
- Tichý L (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453.
- Tichý L & Chytrý M (2006) Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*. 17: 809-818.
- Tölke E, Silva JB, Pereira ARL & Melo JIM (2011) Flora vascular de um inselbergue no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Biotemas* 24: 39-48.
- Werner PC & Gerstengarbe FW (2003) The climate of Piauí and Ceará. In: Gaiser T, Krol MS, Frischkorn H & Araújo JC (eds.) *Global change and regional impacts*. Water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil. Springer, Berlin, Heidelberg. Pp. 81-85.
- Wickham H (2016) ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer, New York. 260p.

Editor de área: Dr. Marcelo Moro

Artigo recebido em 29/06/2016. Aceito para publicação em 29/03/2017.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.