

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, BIOLOGIA FLORAL E
REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R.
GRANT EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA**

MARIA JOSIRENE SOUZA MOREIRA BASTOS

CRUZ DAS ALMAS / BAHIA

2016

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, BIOLOGIA FLORAL E
REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R.
GRANT EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA**

Maria Josirene Souza Moreira Bastos
Engenheira Agrônoma
Universidade Federal da Bahia, 2006

Tese submetida ao Colegiado de Curso do
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
como requisito parcial para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências Agrárias, Área de
Concentração: Fitotecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa
Coorientador: Dr. Everton Hilo de Souza
Coorientadora: Dr^a. Fernanda Vidigal Duarte Souza

**CRUZ DAS ALMAS / BAHIA
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

B327d

Bastos, Maria Josirene Souza Moreira.

Distribuição espacial, biologia floral e reprodutiva de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant em fragmentos de Mata Atlântica / Maria Josirene Souza Moreira Bastos. – Cruz das Almas, BA, 2016.

101f.; il.

Orientadora: Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa.

Coorientador: Everton Hilo de Souza.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Botânica – Bromeliácea. 2.Polinização – Biologia reprodutiva. 3.Mata Atlântica – Avaliação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Souza, Fernanda Vidigal Duarte de. III.Título.

CDD: 582.13

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, BIOLOGIA FLORAL E
REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R.
GRANT EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
Maria Josirene Souza Moreira Bastos**

Realizada em 23 de fevereiro de 2016

Prof. Dr^a Maria Angélica P. de Carvalho Costa
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Interno

Prof. Dr. Ricardo Franco Moreira Cunha
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Interno

Prof^a. Dr^a. Lidyanne Yuriko Saleme Aona
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Interno

Prof. Dr. Elvis Lima Vieira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Interno

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”.

Salmos: 23

*“Quem tem amor na vida, tem sorte.
Quem na fraqueza sabe ser bem mais forte”*

Zé Ramalho

À minha avó, Josefa Andrade de Souza,
por sempre colocar a educação
como fator principal para o crescimento humano.

DEDICO

À toda minha grande família

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por está presente cada dia mais forte em minha vida, por ter me iluminado, concedido saúde e força por mais uma vitória e a Nossa Senhora, Maria Santíssima, por está sempre ao meu lado, atendendo às minhas súplicas.

Aos meus pais, José Rocha e Maria Irene, pela educação dada, confiança, estímulo, carinho e apoio em todas as minhas decisões.

Ao meu irmão Antônio e minha cunhada Lorena, pelo apoio e confiança.

À minha sempre orientadora e amiga, Professora Dr^a. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, pela orientação, amizade, paciência, confiança, empenho e apoio durante todas as fases de execução dos nossos trabalhos.

Aos tios e primos, pelo estímulo e energia positiva que me passaram principalmente minha tia e madrinha Mena.

Ao meu querido esposo Lucimário Bastos, pelo amor, companheirismo, dedicação e incentivo e principalmente agradeço ao meu amado filho, Luís Alberto, por me dá força para consegui concluir essa tese.

À UFRB pela oportunidade de realização do curso.

À FAPESB, pela concessão da bolsa e apoio regular ao Curso de Doutorado.

Aos professores da Pós-Graduação, pelos ensinamentos transmitidos, em especial a Prof. Dr^a Lidyanne Aona e a Prof. Dr^a Ana Cristina Loyola.

Aos amigos, Dr. Everton Hilo pela coorientação e colaboração incondicional, à Elizabeth Eufrázio pela ajuda nas análises químicas, à Dr^a Taliane Leila pela grande ajuda nas atividades de laboratório, ao Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, pelos ensinamentos e colaboração nas análises estatísticas, a Dr^a Samira e ao Professor Carlos Alfredo por ceder o laboratório e me auxiliar nas análises de teor de carboidratos.

Ao Professor Manoel Teixeira de Castro Neto, por disponibilizar seu tempo para me auxiliar nas análises fisiológicas do trabalho de campo e de laboratório e por sempre estar a disposição para esclarecer minhas dúvidas.

À pesquisadora da EMBRAPA, Dr^a. Fernanda Vidigal, pela coorientação e colaboração nos trabalhos.

Ao Prof.Dr. Ivan Sazima da UNICAMP, pela presteza na identificação dos beija-flores e ao Dr. Grênivel da Costa pelo auxílio no capítulo de Distribuição espacial.

Aos meus colegas do curso, pelo apoio e amizade.

Aos funcionários da Pós-Graduação do Programa em Ciências Agrárias da UFRB e ao Sr. Fernando da Serra da Jiboia.

Aos Amigos, Moema Rocha, Daniel Vieira, Ila Faro, Taise, Rosa, Paulo Ronaldo Assunção, Karine, Elaine Cruz e Damiana Santos, pelo apoio nos trabalhos de campo.

A todas as pessoas que torceram e torcem por mim.

Muito obrigada!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO	01
ARTIGO 1	
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA <i>Alcantarea nahoumii</i> (LEME) J. R. GRANT, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL EM AFLORAMENTO ROCHOSO.....	18
ARTIGO 2	
BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE <i>Alcantarea nahoumii</i> (LEME) J. R. GRANT (BROMELIACEAE) EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL	40
ARTIGO 3	
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FISIOLÓGICA DE PLANTAS DE <i>Alcantarea nahoumii</i> (LEME) J. R. GRANT EM AFLORAMENTO ROCHOSO.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA

Autora: Maria Josirene Souza Moreira Bastos

Orientadora: Prof^a. Dr^a Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

RESUMO: A Mata Atlântica abriga diversas espécies de Bromeliaceae e muitas delas encontram-se seriamente ameaçadas de extinção. Considerando o grande potencial econômico e ambiental das bromeliáceas, o presente estudo objetivou reunir informações sobre a distribuição espacial, flora associada, biologia floral, reprodutiva, morfologia e aspectos químicos e fisiológicos de plantas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, espécie endêmica e considerada 'Vulnerável' de fragmento de Mata Atlântica do Estado da Bahia. Os estudos foram realizados, na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil no período de março de 2012 a dezembro de 2015. Foram encontrados 1.660 indivíduos, distribuídos em 18 famílias, 25 gêneros e 28 espécies, sendo 1.173 indivíduos de *A. nahoumii*. O padrão de distribuição espacial da população de *A. nahoumii* é agregado. Sua antese é diurna e não homogênea. As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK e SM. Os testes histoquímicos resultaram em altas porcentagens de viabilidade dos grãos de pólen, com média de 89,71 % e o estigma está receptivo desde a antese, permanecendo até 24 h após. A espécie apresentou autocompatibilidade e alogamia preferencial. Do ponto de vista da conservação, esta espécie apresenta tendência autoestéril e depende de polinizadores para manter a sua aptidão através da polinização cruzada. O volume do néctar não foi constante e a concentração de açúcares aumenta ao longo do dia. Foram observadas 16 espécies visitando a *A. nahoumii*, dentre estas, cinco são beija-flores. A altitude e o período do ano influenciam diretamente no teor relativo de água, fotossíntese, transpiração, CO₂, condutância estomática e consequentemente, no crescimento, florescimento e metabolismo da *A. nahoumii*.

Palavras-chave: Bromeliaceae, inventário florístico, viabilidade polínica, visitantes florais, aspectos fisiológicos.

SPATIAL DISTRIBUTION, FLORAL AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT IN ATLANTIC FOREST FRAGMENTS

Author: Maria Josirene Souza Moreira Bastos

Advisor: Prof.. Dr. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

ABSTRACT: The Atlantic Forest is home to several Bromeliaceae species, and many of them are seriously endangered. Considering the bromeliads huge economic and environmental potential, this study aimed to gather information on the spatial distribution, associated flora, floral and reproductive biology, morphology and chemical and physiological aspects of *Alcantarea nahoumii* (Leme) JR Grant, an endemic species considered to be 'Vulnerable' on the Atlantic Forrest fragment in Bahia state. The studies were carried out in Serra da Jiboia, Santa Terezinha, Bahia, Brazil from March 2012 to December 2015. 1,660 individuals, distributed in 18 families, 25 genera and 28 species were found, 1,173 individuals of *A. nahoumii*. The spatial distribution pattern of the *A. nahoumii* population is added. Its anthesis is diurnal and inhomogeneous. The higher germination percentages and pollen tube length was obtained from BK and SM culture media. The histochemical tests resulted in high percentages of pollen grain viability with an average of 89.71% and the stigma is receptive from anthesis, remaining up to 24 h after. The species showed self compatibility and preferential allogamy. From the conservation point of view, this species has self-sterile trend and depends on pollinators to maintain their aptitude through cross-pollination. The nectar volume was not constant and sugar concentration increases throughout the day. 16 species were observed visiting *A. nahoumii*, among these, five are hummingbirds. The altitude and the time of year directly influence the relative water content, photosynthesis, transpiration, CO₂, stomata conductance and consequently, growth, flowering and *A. nahoumii* metabolism.

Keywords: Bromeliaceae, floristic inventory, pollen viability, floral visitors, physiological aspects.

REFERENCIAL TEÓRICO

A família Bromeliaceae possui aproximadamente 3.352 espécies, distribuídas em 58 gêneros (LUTHER, 2012) e é considerada a segunda maior família das monocotiledôneas epífitas, com distribuição natural quase exclusivamente Neotropical (REITZ, 1983; MARTINELLI et al., 2008; MANETTI et al., 2009). Na década de 70, Gilmartin (1973) nomeou como a maior família das fanerógamas.

As grandes concentrações das espécies de bromélias ocorrem na América do Sul, sendo estimado 43 gêneros e 1.246 espécies ocorram no Brasil, principalmente na região da Mata Atlântica (LEME; MARIGO, 1996; MARTINELLI; MORAES, 2013; FORZZA et al., 2014). A única exceção é a *Pitcairnia feliciana* (A. Chev.) Harms & Mildbr., exclusiva do Golfo da Guiné, no Oeste Africano (BENZING, 2000; GIVNISH et al., 2004).

Tradicionalmente são aceitas três subfamílias em Bromeliaceae (SMITH; DOWNS, 1977; 1979): Bromelioideae (~650 sp.), Tillandsioideae (~1000 sp.) e Pitcairnioideae (~890 sp.), porém apenas as duas primeiras são monofiléticas (TERRY et al., 1997; HORRES et al., 2007; GIVINISH et al., 2011). Uma nova divisão foi proposta por Givinish et al. (2007; 2011) para a família, onde os diferentes clados referentes à antiga Pitcairnioideae, são tratados com novas subfamílias. Desta forma, Bromeliaceae passou a ter oito subfamílias: Brocchinioideae, Bromelioideae, Hechtioideae, Lindmanioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae e Tillandsioideae.

As variadas adaptações das bromélias permitem a colonização em ambientes diversificado, sendo encontradas desde o nível do mar até os elevados altiplanos da cordilheira dos Andes, em locais úmidos como a Mata Atlântica, ou regiões áridas como a Caatinga (COFFANI-NUNES, 2002). Esse extenso potencial adaptativo da família se reflete na grande diversidade morfológica de suas espécies. Possuem, também, vários gêneros endêmicos, alguns deles encontrados exclusivamente na Mata Atlântica sobre afloramentos rochosos como, *Alcantarea* (E. Morren ex Mez) Harms, *Encholirium* Mart. ex Shult. & Shult. f., *Orthophytum* Beer e *Quesnelia* Gaudich (FORZZA et al., 2014).

As bromélias apresentam uma beleza exclusiva, o que vem tornando-a muito popular entre as plantas ornamentais. Porém, aspectos básicos, como o sistema

reprodutivo, ainda é pouco conhecido para a maioria das espécies, assim como informações sobre estrutura espacial e biologia floral. Outro fator que se deve levar em consideração é o número elevado de espécies em risco de extinção que vem aumentando a cada ano. Muitos fatores estão envolvidos com a extinção de espécies, como a destruição de habitats, conseqüentemente a fragmentação de populações, queimadas e o extrativismo predatório (MATOCQ; VILLABLANCA, 2001; MATINELLI et al., 2013).

A família Bromeliaceae expressa grande diversidade de forma, cores e beleza, caracterizando principalmente como plantas ornamentais. Os diferentes habitats podem influenciar no tamanho, cor da folha, bem como na morfologia das flores e inflorescência (BENZING, 2000).

As bromélias são muito utilizadas em decorações de interior e ao ar livre, para as espécies terrestres, podem ser cultivadas em vasos ou diretamente no solo. Os gêneros mais comercializados são *Ananas*, *Aechmea*, *Alcantarea*, *Guzmania*, *Neoregelia*, *Tillandsia* e *Vriesea* (ANDRADE; DEMATTÊ, 1999; SANTOS et al., 2005).

Outros aspectos de sua importância econômica consistem na alimentação, a exemplo do abacaxi, *Ananas comosus* (L.) Merrill, muito apreciado na forma *in natura* ou processado em forma de suco, licor, sorvetes, geleias, entre outros, e na produção de fibras, como no caso do “caroá-verdadeiro”, *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.) Mez (SILVEIRA et al., 2009) e na medicina natural, algumas espécies do gênero *Bromelia*, possuem a enzima “bromelina” utilizada como digestiva e depurativa (FRANÇA-SANTOS et al., 2009). Outras pesquisas indicaram que o ácido 3-hidroxi-3-metilglutárico é o responsável pela ação hipoglicêmica, sendo sugerido como hipoglicemiante no tratamento de Diabetes *mellitus* (MANETTI et al., 2009). A espécie *Tillandsia recurvata* L. é utilizada popularmente contra reumatismo, úlcera e hemorróida (RIOS; KHAN, 1998; AGRA et al., 2007). No Uruguai, as partes aéreas de *Tillandsia aeranthos* (Loisel.) L. B. Sm. são empregadas como antiespasmódico e para infecções oculares por apresentar atividade antimicrobiana (ALONSO-PAZ et al., 1995). Recentemente, Belotto et al. (2014), pesquisando propriedades farmacológicas em *Guzmania lingulata* (L.) Mez. encontraram presença de antocianinas e taninos em suas folhas. As antocianinas são consideradas substâncias com

potencial anti-inflamatórias, anti-úlcerais, anticonvulsantes, antioxidantes, cardioprotetoras, vasoprotetoras, vasodilatadoras, redutoras da permeabilidade e fragilidade dos vasos, no controle de infecções oftalmológicas, redução no nível de colesterol e triglicérides, protetoras contra a degradação de células, além de proteger contra a indução de danos causados no DNA por tert-butil-hidroperóxido, protetoras contra o vírus *Influenza* (gripe) e quando em combinação com o ácido elágico, desenvolve ação preventiva contra alguns tipos de cânceres (GUEDES, 2004).

As bromélias também apresentam um elevado grau de importância nos ecossistemas, pois, contribuem com a sustentabilidade da diversidade, produção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. São fontes de alimentos para pássaros e insetos mutualistas, suas folhas distribuídas em rosetas formam micro-habitats para pequenos mamíferos, aracnídeos, anfíbios e répteis (REITZ, 1983; DIAS et al., 2014). Além disso, são bons indicadores ambientais, nas regiões tropicais aparecem em sua maioria como espécies epífitas, que se encontram entre as primeiras plantas a serem afetadas pela degradação ambiental e pelo desmatamento, e entre as últimas a se instalarem nas áreas em recuperação.

Gênero *Alcantarea*

O gênero *Alcantarea* (E. Morren ex Mez) Harms pertence à família Bromeliaceae, subfamília Tillandsioideae e tribo Vrieseae, apresenta hábito rupícola e é endêmico do leste do Brasil, nos domínios da Mata Atlântica dos Estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, desde o nível do mar até 1.900 metros de altitude, e em áreas de campo rupestre da Cadeia do Espinhaço na Bahia e Minas Gerais (VERSIEUX et al., 2012a) e atualmente o gênero *Alcantarea* apresenta 35 espécies (FORZZA et al., 2014; VERSIEUX, 2015). São plantas com características e adaptações diversificadas, podendo crescer em ambientes com restrição hídrica e com alta luminosidade, como os afloramentos rochosos graníticos ou inselbergs (VERSIEUX et al., 2010, 2012b).

As espécies do gênero *Alcantarea* são amplamente requisitadas para compor o paisagismo ao ar livre como, praças e jardins, por apresentarem grande

porte, beleza e rusticidade, a exemplo da *Alcantarea imperialis*, que vem sendo produzida em larga escala e minimizando assim, o extrativismo predatório (AOYAMA et al., 2012).

***Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant**

Alcantarea nahoumii apresenta hábito rupícola, crescendo naturalmente sobre afloramentos rochosos ou solos rasos e pedregosos, sendo exposta a alta luminosidade, podendo atingir até 3,5 metros de altura, sendo considerada uma espécie de crescimento intermediário (VERSIEUX et al., 2010).

É a única espécie do gênero *Alcantarea* que ocorre na Bahia, atualmente, sua maior população ocorre na Serra da Jibóia no município de Santa Teresinha no Estado da Bahia (VERSIEUX; WANDERLEY, 2010; FORZZA et al., 2014), ocorrendo também em outros afloramentos rochosos de regiões próximas, como na Serra das Flores no município de Castro Alves - Bahia, porém, em populações menores.

Por apresentar beleza, rusticidade e durabilidade de sua inflorescência, *A. nahoumii* é constantemente exposta ao extrativismo predatório. Segundo o Programa de Proteção das Espécies Ameaçadas de Extinção da Mata Atlântica Brasileira, da Fundação Biodiversitas, esta bromélia encontra-se na categoria "Espécie Vulnerável à extinção" (BIODIVERSITY, 2012; FORZZA et al., 2013). Sendo fundamental desenvolver estratégias de conservação para a sua proteção contra a extinção.



Figura 1. *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, espécie endêmica do afloramento rochoso da Serra da Jibóia, Santa Teresinha, Bahia Brasil, novembro de 2014 (Foto: Maria Josirene).

Ambiente de ocorrência de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant

A Serra da Jiboia apresenta uma extensão de 26 km, com área aproximada de 59,28 km², abrangendo parte do território de cinco municípios integrantes da Região Econômica do Recôncavo Sul da Bahia (Santa Teresinha, Castro Alves, Elísio Medrado, Varzedo e São Miguel das Matas) (Figura 2). A localização geográfica da Serra da Jiboia situa-se em uma zona ecótona, com clima variando

entre o tropical úmido, mais ao Sudeste e ao Leste, e o tropical semiúmido, mais ao Norte e a Oeste. A temperatura média anual é de 21°C com índice pluviométrico de 1.200 mm e 80% de umidade. A vegetação varia de Floresta Ombrofila Densa, Floresta Estacional Decidual à Caatinga arbórea com palmeiras, e no topo o afloramento rochoso sendo território do município de Santa Teresinha - Bahia, a uma latitude de 12°51'S, longitude de 39°28'W, altitude de 750-818 m. O fato de estar inserida no semiárido baiano faz da mata higrófila da Serra da Jiboia um local singular, já que, está isolada pela caatinga e distante de outros fragmentos florestais do litoral (QUEIROZ et al., 1996).

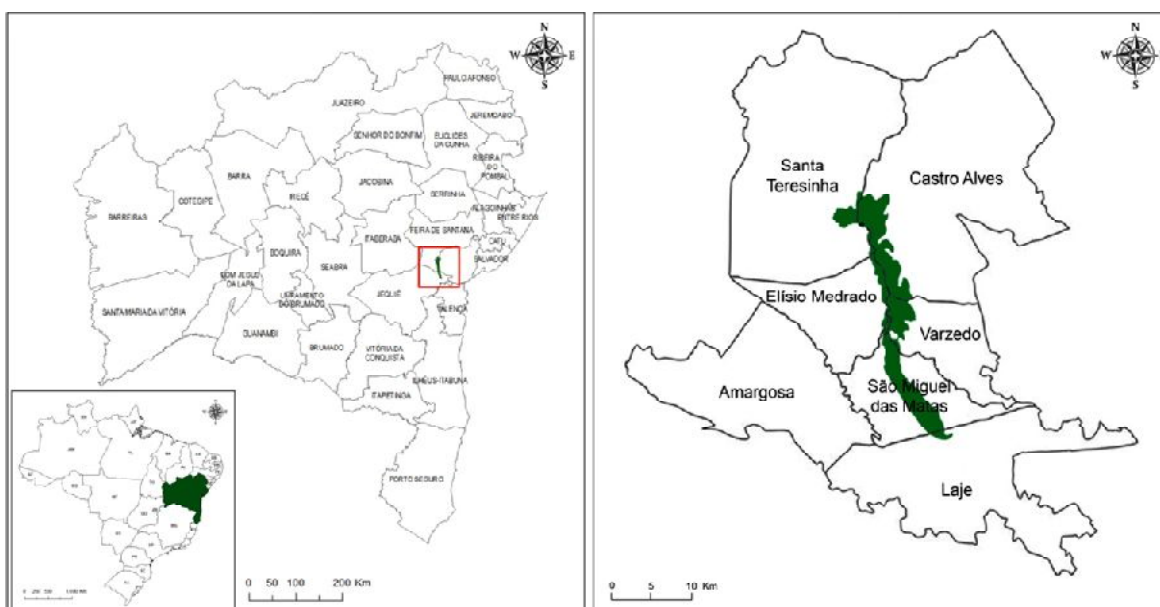


Figura 2. Mapa de localização, com área em destaque da Serra da Jiboia.

A flora vascular do afloramento rochoso é representada por 83 espécies, agrupadas em 68 gêneros e 42 famílias. As famílias com maior número de espécies são Compositae (09 spp.), Orchidaceae (08 spp.), Leguminosae (06 spp.), Melastomataceae (05 spp.), Euphorbiaceae (04 spp.), Gramineae (04 spp.) (QUEIROZ et al., 1996).

Devido à grande riqueza da flora do Brasil há, ainda, carência de pesquisas que proporcionem o conhecimento das espécies nativas, principalmente, que possam servir de referência e subsídio para os programas de conservação de áreas naturais.

Distribuição espacial, biologia floral e reprodutiva

A estrutura das populações de plantas resulta da ação de fatores bióticos e abióticos sobre seus membros atuais e ancestrais, que afetam o arranjo espacial e a estrutura genética de seus componentes. A variabilidade genética encontrada em populações naturais está diretamente relacionada com aspectos da história de vida da espécie e pode fornecer informações importantes com implicações na biologia evolutiva, ecologia e biologia da conservação (MARQUES; JOLY, 2000).

Nos estudos populacionais, diversos parâmetros podem ser estimados, tais como biologia floral, sistema de cruzamento, deriva gênica, fluxo gênico, dentre outros permitindo o acesso a informações até então desconhecidas para grande parte das espécies (GHAZOUL, 2005).

No que se refere aos estudos da biologia floral, são técnicas que possibilitam auxiliar às etapas de manejo, domesticação e melhoramento genético de espécies, explicar as relações existentes entre as plantas e o ambiente em que vivem, além de contribuir na interpretação de mecanismos relacionados à polinização (OLIVEIRA et al., 2003).

O conhecimento sobre a fenologia floral permite estabelecer o momento, duração e intensidade da florada em uma espécie, assim como a sua influência sobre o comportamento dos polinizadores (AKER, 1982; TSCHAPKA, 2004). Estudos relacionados com a fenologia procuram discutir como eventos biológicos repetitivos, tais como floração e frutificação, estão relacionados com a sazonalidade climática e as interações ecológicas (CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008). Entretanto, a fenologia das plantas pode ser interrompida devido a alterações climáticas ocasionadas por perturbações ambientais e mudanças de paisagens.

Com relação ao sistema reprodutivo, a família Bromeliaceae apresenta um sistema diversificado, porém a alogamia e a autocompatibilidade estão presentes na maioria das espécies (BENZING, 2000). Matallana et al. (2010), estudando 40 espécies de onze gêneros incluindo a *Alcantarea*, constataram que 75 % são autocompatíveis e 25 % são autoincompatíveis

A síndrome de polinização mais frequente em Bromeliaceae é ornitofilia (SAZIMA et al., 2000; CANELA; SAZIMA, 2003; KAEHLER et al., 2005; SIQUEIRA-FILHO; MACHADO 2006, VOSGUERITCHIAM; BUZATO, 2006).

Porém, a melitofilia (SIQUEIRA-FILHO, 1998; WENDT et al., 2001, 2002; ARAUJO et al., 2004) e a quiropterofilia (SAZIMA et al., 1989; SAZIMA et al., 1995) também ocorrem. Além disso, algumas espécies de bromélias que são visitadas por beija-flores, também, são visitadas por insetos e/ou morcegos (KESSLER; KROMER, 2000; CANELA; SAZIMA, 2005), servindo de fontes de alimento para esses animais, que conseqüentemente podem realizar a polinização das mesmas (DIAS et al., 2014).

Metabolismo CAM

O conhecimento dos aspectos fisiológicos é indispensável para elaboração de estratégias de conservação, manejo e propagação de espécies (PRADO et al., 2014). A maioria das espécies de bromélias apresenta metabolismo CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), porém também podem apresentar rotas metabólicas C_3 ou C_3 -CAM facultativa, dependendo da sua morfologia, armazenamento de água e absorção de nutrientes, o que beneficia a ocorrência em diferentes tipos de habitats e formas de vida, por exemplo, terrestres, epífitas obrigatórias ou facultativas e rupícolas (BENZING, 2000; NIEVOLA et al., 2001).

A planta caracterizada com metabolismo CAM é aquela que acumula de ácidos orgânicos durante a noite e os consome durante o dia. Esse metabolismo fotossintético pode ser dividido em quatro fases, na fase I (noite), os estômatos estão abertos e ocorre uma acidificação devido ao processo de fixação de CO_2 atmosférico pela ação da enzima Fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPC), formando oxalacético que pela ação da Malato Desidrogenase produz o malato (ácido orgânico mais comum nesse processo), que posteriormente fica armazenado no vacúolo na forma de ácido málico. Na fase II, início do período claro, os estômatos ainda se encontram abertos, ocorre a redução da atividade da PEPC e o aumento da atividade da Ribulose 1,5 – Biosfostato Carboxilase/Oxigenase (Rubisco), podendo o carbono ser fixado por meio de duas enzimas (Nadp-málico citosólica, Nad-málica mitocondrial ou fosfoenolpiruvato carboxicinase mitocondrial. Na fase III, ainda no período claro, o ácido málico é convertido novamente em malato, que passa por um processo de descaboxilação, liberando CO_2 que poderá ser fixado pela ação da enzima Rubisco, com os estômatos fechados há uma redução da transpiração. Na quarta

fase, início do período escuro a Rubisco apresenta redução da sua atividade e o contrário ocorre com a atividade da PEPC. Neste ponto, grande parte dos ácidos orgânicos foram descarboxilado e novas moléculas de malato começam a ser formados e armazenadas, ocorre também a reabertura estomática para assimilação do CO₂ (LÜTTGE, 2004; TAIZ; ZIEGER, 2010).

A família Bromeliaceae, provavelmente teve origem a partir de espécies ancestrais que realizavam a fotossíntese C₃. O metabolismo CAM surgiu posteriormente, e é possível que esteja relacionado à evolução de espécies por vegetar em ambientes xéricos, como, por exemplo, campos rupestres (CRAYN et al., 2004, GIVINISH et al., 2011).

A formação de populações em diferentes habitats, por exemplo, expostos em relação à sombra, floresta tropical, campos rupestres, área costeira, de catinga ou cerrado, requer a integração dessas plantas adaptáveis a todos os níveis, seja, morfológico, bioquímico ou fisiológico (KLUGE; TING, 1978).

Plantas com metabolismo CAM são diferenciadas, por garantir maior eficiência no uso da água. Esse desempenho fotossintético é particularmente comum entre as espécies epífitas, podendo estar relacionado com a disponibilidade de água (LÜTTGE, 2004). Dependendo das condições de temperatura, radiação e disponibilidade hídrica, plantas com metabolismo CAM podem suportar grandes amplitudes, podendo alternar entre o metabolismo fotossintético C₃, CAM ou C₃-CAM facultativa (TAYBI; CUSHMAN, 1999; CRAYN et al., 2004).

Estudos fisiológicos monitorando as trocas gasosas têm o potencial de identificar as respostas das plantas em relação ao seu ambiente (LEVITT, 1980; PARK NOBEL, 2005; HAMLYN, 2014). Plantas com metabolismo fotossintético C₃ geralmente apresentam taxa fotossintética transpiração e condutividade estomática alta durante o dia, enquanto plantas com metabolismo CAM apresentam números extremamente baixos ou zero para estas mesmas variáveis (TAIZ; ZIEGER, 2010).

Considerando o grande potencial econômico e ambiental das Bromeliaceae, o presente estudo objetivou reunir informações sobre a distribuição espacial, flora associada, biologia floral, reprodutiva, morfologia e aspectos químicos e

fisiológicos de plantas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, espécie endêmica e 'Vulnerável' de fragmentos de Mata Atlântica no Estado da Bahia.

REFERÊNCIAS

- AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 17, p. 114-140, 2007.
- AKER, C. L. Spatial and temporal dispersion patterns of pollinators and their relationship to the flowering strategy of *Yucca whipplei*. **Oecologia**, Heidelberg, v.54, p. 243-252, 1982.
- ALONSO-PAZ, E.; CERDEIRAS, M. P.; FERNANDEZ, J.; FERREIRA, F.; MOYNA, P.; VAZQUEZ, A.; VERO, S.; ZUNINO, L. Screening of Uruguayan medicinal plants for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**, Co. Clare, v. 45, p. 67-70, 1995.
- ANDRADE, F. S. A.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Estudo sobre produção e comercialização de bromélias nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 5, p. 97-110, 1999.
- AOYAMA, E. M.; VERSIEUX, L. M.; NIEVOLA, C. C.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C. Avaliação da eficiência da propagação de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms (Bromeliaceae) cultivada *in vitro* e *ex vitro*. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 63, p. 321-331, 2012.
- ARAUJO, A. C.; FISCHER, E.; SAZIMA, M. As bromélias na região do Rio Verde. In: MARQUES, O. A. V.; DULEBA, W. (Eds.) **Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente físico, flora e fauna**. Editora Holos, Ribeirão Preto. 2004. p.162-171.
- BELOTTO, E. M.; SOUZA-LEAL, T.; PARALUPPI, A. L.; FURTADO, A. L. F. F.; GASPI, F. O. G.; PEDROSO-DE-MORARES, C. Caracterização anatômica, histoquímica e de classes de metabólitos secundários de folhas de *Guzmania*

lingulata (L.) Mez. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 16, p. 127-134. 2014.

BENZING, D. H. **Bromeliaceae**: Profile of an Adaptative Radiation. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2000. 690 p.

BIODIVERSITY. **Consulta à Revisão da Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção, 2012**. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/floraBr/destaque_flora.asp>. Acesso em: 03 março 2015.

CANELA, M. B. F.; SAZIMA, M. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent Bromeliad within inconspicuous flowers from the rainforest in South-eastern Brazil. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, p. 731-737, 2003.

CANELA, M. B. F.; SAZIMA, M. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in Southeastern Brazil: *ornithophilous* versus *melittophilous* features. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 7, p. 411-416, 2005.

CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE, M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius Raddi* (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 22, p. 828-833, 2008.

COFFANI-NUNES, J.V. Bromélias. In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Org.) **Sustentável Mata Atlântica – A exploração de recursos vegetais**. Editora Senac, São Paulo, 2002. P. 119-132.

CRAYN, D. M.; WINTER, K.; SMITH, A. C. Multiple origins of crassulacean acid metabolism and the epiphytic habit in the Neotropical family Bromeliaceae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 101, p. 3703-3708, 2004.

DIAS, M. L.; PREZOTO, F.; ABREU, P. F.; MENINI NETO, L. Bromélias e suas principais interações com a fauna. **Ces Revista**, Juiz de Fora, v. 28, p. 3-16, 2014.

FORZZA, R. C.; COSTA, A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A.; MARTINELLI, G.; MONTEIRO, R. F.; SANTOS-SILVA, F.; SARAIVA, D. P.; PAIXÃO-SOUZA, B.; LOUZADA, R. B.; VERSIEUX, L.. Bromeliaceae. In: **Lista de espécies da flora**

do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:
<<http://flora.jbrj.gov>> Acesso em 27 de janeiro de 2016.

FRANÇA-SANTOS, A.; ALVES, R. S.; LEITE, N. S.; FERNANDES, R. P. M..
Estudos bioquímicos da enzima bromelina do *Ananas comosus* (abacaxi).
Scientia Plena, Itabaiana, v. 5, p. 1-6, 2009.

GHAZOUL, J. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. **Biological Review**, Oxford, v.80, p. 413-443, 2005.

GILMARTIN, A. J. Transandean distribution of Bromeliaceae in Ecuador. **Ecology**, Oxford, v. 54, p. 1389-1393, 1973.

GIVNISH, T. J.; MILLAM, K. C.; BERRY, P. E.; SYTSMA, K. J. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography of Bromeliaceae inferred from *ndhF* sequence data. **Aliso**, Claremont, v. 23, p. 3-26, 2007.

GIVNISH, T. J.; BARFUSS, M. H. J.; VAN EE, B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSISKA, P.A.; JABAILY, R. S.; CRAYN, D. M.; SMITH, J. A. C.; WINTER, K.; BROWN, G. K.; EVANS, T. M.; HOLST, B. K.; LUTHER, H.; TILL, W.; ZIZKA, G.; BERRY, P. E.; SYTSMA, K. J. Phylogeny, adaptive radiation and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany**, St. Louis, v.98, p.872-895. 2011.

GIVNISH, T.J.; MILLAM, K. C.; EVANS, T. M.; HALL, J. C.; PIRES, J. C.; BARRY, P. E.; SYTSAM, K. J. Ancient vicariance or recent long-distance dispersal? Inferences about phylogeny and south american-african disjunctions in Rapateaceae and Bromeliaceae based on *ndhF* sequence data. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 165, p. 35-54, 2004.

GUEDES, M. C. Antocianinas: pigmento natural ou remédio? **Revista Científica do IMAPES**, Sorocaba, v. 2, p. 71- 74, 2004.

HAMLIN, G. J. **Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology.** 3^o Ed., Cambridge: Cambridge University Press. 2014, 407 p.

HORRES, R.; SCHULTE, K.; WEISING, K.; ZIZKA, G. Systematics of Bromelioideae (Bromeliaceae) - evidence from molecular and anatomical studies. **Aliso**, Claremont, v. 23, p. 27-43, 2007.

KAEHLER, M.; VARISSIN, G.; GOLDENBERG, R. Polinização em uma comunidade de bromélias em floresta atlântica alto-montana no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, p. 219-228, 2005.

KESSLER, M.; KROMER, T. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 2, 659-669, 2000.

KLUGE, M.; TING, I. P. **Crassulacean acid metabolism**: analysis of an ecological adaptation. Berlin: Springer-Verlag, 1978, 212 p.

LEME, E. M. C.; MARIGO, L. C. **Canistrum: Bromélias da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 1996, 108 p.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press New York, 1980, 607 p.

LUTHER, H. E. **An alphabetical list of Bromeliad binomials**. 13. ed. Sarasota, FL: The Marie Selby Botanical Gardens; The Bromeliad Society International, 2012.

LÜTTGE, U. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, p. 629-652, 2004.

MANETTI, L. M.; DELAPORTE, R. H.; LAVERDE, A. Metabólitos Secundários da família Bromeliaceae. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, p.1885-1897, 2009.

MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, p. 107-112, 2000.

- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**- 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MARTINELLI, G.; VIEIRA, C. M.; GONZALEZ, M. P. L.; PIRATININGA, A.; COSTA, A. F.; FORZZA, R. C. Bromeliaceae da mata atlântica brasileira: lista 38 de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, p. 209-258, 2008.
- MATALLANA, G.; GODINHO, M. A. S.; GUILHERME, F. A. G.; BELISARIO, M.; COSER, T. S. WENDT, T. Breeding systems of Bromeliaceae species: Evolution of selfing in the context of sympatric occurrence. **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, v. 289, p. 57-65, 2010.
- MATOCQ, M.D.; VILLABLANCA, F.X. Low genetic diversity in endangered species: recent or historic pattern? **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 98, p.61-68, 2001.
- NIEVOLA, C. C.; MERCIER, H.; MAJEROWICZ, N. Levels of nitrogen assimilation in bromeliads with different growth habitats. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, p.1387-1398, 2001.
- OLIVEIRA, M. S. P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 17, p. 343-353, 2003.
- PARK NOBEL. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**, 3 rd, New York: Elsevier Academic Press, 2005. 567 p.
- PRADO, J. P. C., LONDOÑO, D. M. M.; ALMEIDA, V.; BRUNETTO, G.; PESCADOR, R. Physiological characteristics of the Atlantic Forest native bromeliads: *Nidularium campo-alegrense* Leme and *Aechmea ornata* Baker. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 36, p. 101-108, 2014.
- QUEIROZ, L. P.; SENA, T. S. N. e COSTA, M. J. L. S. Flora vascular da Serra da Jiboia, Santa Teresinha Bahia. In: O Campo Rupestre. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 15, p. 27-40, 1996.

- REITZ, R. Bromeliáceas e a malária - bromélia endêmica. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, parte 1 fasc. Brom, 1983, p. 1-518.
- RIOS, R.; KHAN, B. List of ethnobotanical uses of Bromeliaceae. **Journal of the Bromeliad Society**, Orlando, v. 48, p. 75-87, 1998.
- SANTOS, A. J.; BITTENCOURT, A. M.; NOGUEIRA, A. S. Aspectos econômicos da cadeia produtiva das bromélias na região metropolitana de Curitiba e litoral paranaense. **Floresta**, Curitiba, v. 35, p. 409-417, 2005.
- SAZIMA, I.; BUZATO, S.; SAZIMA, M. The saw-billed hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. **Journal für Ornithologie**, Berlin, v. 136, p. 195-206, 1995.
- SAZIMA, I.; VOGEL, S.; SAZIMA, M. Bat pollination of *Encholirium glaziovii*, a terrestrial bromeliad. **Plant Systematics and Evolution**, Wien, v. 168, p. 167-179, 1989.
- SAZIMA, M.; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Polinização por beija-flores em *Nidularium* e gêneros relacionados. p. 190-195. In: LEME, E. (Ed.). **Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica**. Sextante Artes, Rio de Janeiro, 2000.
- SILVEIRA, D. G.; SOUZA, F. V. D.; PELACANI, C. R.; SOUZA, A. S.; LEDO, C. A. S.; SANTANA J. R. F. Micropropagation and *in Vitro* Conservation of *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.) Mez, a Fiber Producing Bromeliad from Brazil. **Brazilian archives of Biology and technology**, Curitiba, v. 52, p. 923-932, 2009.
- SIQUEIRA-FILHO, J. A. Biologia floral of *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez. **Bromélia**, v.5, p. 3-13, 1998.
- SIQUEIRA-FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Floração e polinização das bromélias da Mata Atlântica nordestina. In: SIQUEIRA-FILHO, J. A.; LEME, E. M. C. **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste; biodiversidade, conservação e suas bromélias**. Andrea Jakobsson Estudio. Rio de Janeiro, p. 159-189, 2006.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Bromelioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, Halfner Press, v.14, p.1493-2141, 1979.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Tillandsioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, Hafner Press, v.14, p.663-1492, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2010. 782. p.

TAYBI, T.; CUSHMAN, J. C. Signaling events leading to crassulacean acid metabolism induction in the common ice plant. **Plant Physiology**, Rockville, v. 12, p. 545–555, 1999.

TERRY, R. G.; BROWN, G. K.; OLMSTEAD, R. G. Examination of subfamilial phylogeny in Bromeliaceae using comparative sequencing of the plastid locus *ndhF*. **American Journal of Botany**, New York, v. 84, p. 664-670, 1997.

TSCHAPKA, M. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of neotropical flower-visiting bats. **Journal of Zoology**, West Sussex, v. 263, p. 7-21, 2004.

VERSIEUX, L. M.; ELBL, P.M.; WANDERLEY, M. G. L.; MENEZES, N. L. *Alcantarea* (Bromeliaceae) leaf anatomical characterization and its systematic implications. **Nordic Journal of Botany**, Malden, v. 28, p.385-397, 2010.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Bahia: Bromeliaceae-*Alcantarea*. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 10, p.147-151, 2010.

VERSIEUX, L. M. **Bromélias-gigantes do Brasil**. Natal: Offset Editora, 2015, 200 p.

VERSIEUX, L.M.; BARBARÁ, T.; WANDERLEY, M.G.L.; CALVENTE, A.; FAY, M.F.; LEXER, C. Molecular phylogenetics of the Brazilian giant bromeliads (*Alcantarea*, Bromeliaceae): implications for morphological evolution and biogeography. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Maryland Heights, v. 64, p.177-189, 2012a.

VERSIEUX, L.M.; VASCONCELLOS, N.; MARTINELLI, G.; WANDERLEY, M.G.L. *Alcantarea pataxoana* (Bromeliaceae), a New Species from Bahia, Brazil. **Systematic Botany**, Laramie, v. 37, p.636-640, 2012b.

VERSIEUX, L. M.; WENDT, T. Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 16, p. 2989-3009, 2007.

VOSGUERITCHIAN, S. B.; BUZATO, S. Reprodução sexuada de *Dyckia tuberosa* (Vell.)Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) e interação planta-animal. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 433-442, 2006.

WENDT T., CANELA M. B. F., FARIA A. P. G., RIOS R. I..Reproductive biology and natural hybridization between two endemic species of Pitcairnia (Bromeliaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 88, p. 1760–1767, 2001.

WENDT, T.; CANELA, M.B.F.; KLEIN, D.E.; RIOS, R.I. Selfing facilitates reproductive isolation among three sympatric species of Pitcairnia (Bromeliaceae). **Plant Systematics and Evolution**, Wien, v. 232, p. 201-212, 2002.

ARTIGO 1

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL EM AFLORAMENTO ROCHOSO¹

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Brazilian Journal of Botany.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL EM AFLORAMENTO ROCHOSO

RESUMO: Espécies endêmicas que habitam em altas altitudes são mais propícias às alterações climáticas e estão mais expostas à extinção. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de distribuição espacial da *A. nahoumii* na Serra da Jiboia, em diferentes gradientes de altitudes, bem como o levantamento florístico da vegetação associada a esta espécie. O estudo foi realizado na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. Foi realizado um inventário de plantas jovens e adultas da *A. nahoumii*. Foi realizada a identificação taxonômica, número de plantas por espécie, percentagem de cobertura da vegetação, percentagem de cobertura da *A. nahoumii*, inclinação da rocha, percentagem de matéria orgânica e percentagem de rocha exposta. Foram calculados os parâmetros fitossociológicos, como: densidade absoluta, densidade relativa, frequência absoluta, frequência relativa e dominância da *A. nahoumii*. Para a distribuição espacial foram testados três índices: Índice de Morisita, Índice de McGuinness e Índice de Payandech. Também foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica para as variáveis ambientais com às espécies da comunidade. Foram encontrados 1.660 indivíduos, distribuídos em 18 famílias, 25 gêneros e 28 espécies. O padrão de distribuição espacial da população de *A. nahoumii* é agregado. O afloramento rochoso da Serra da Jiboia vem sofrendo modificações ao longo do tempo e com isso a *A. nahoumii* corre grande risco de extinção, portanto, sugere-se a implantação de um plano de conservação para a espécie.

Palavras-chave: Bromeliaceae, Índice de Morisita, extinção, endemismo

Alcantarea nahoumii (LEME) J. R. GRANT SPATIAL DISTRIBUTION, ENDEMIC SPECIES AND VULNERABLE IN ROCKY OUTCROP

ABSTRACT: Endemic species that live at high altitudes are more conducive to climate change and are more vulnerable to extinction. This study aimed to characterize *A. nahoumii* spatial distribution pattern at Serra da Jiboia in different altitude gradients as well as a floristic survey of vegetation of the vegetation associated with this species. The study was carried out at Serra da Jiboia, Santa Terezinha, Bahia, Brazil. An inventory of young and adult *A. nahoumii* plants was performed and also its taxonomic identification, number of plants per species, vegetation cover percentage, *A. nahoumii* percentage coverage, rock slope, organic matter percentage and exposed rock percentage. Phytosociological parameters were calculated: absolute density, relative density, absolute frequency, relative frequency and *A. nahoumii* dominance. For the spatial distribution, three indexes were tested: Morisita Index, McGinness Index and Payandech Index. It was also carried out Canonical Correspondence Analysis for the environmental variables with the community species. 1,660 individuals, distributed in 18 families, 25 genera and 28 species were found. The population spatial distribution pattern of *A. nahoumii* is aggregated. The rocky outcrop of Serra da Jiboia has undergone changes over time and with it *A. nahoumii* runs great risk of extinction, so the implementation of a conservation plan for the species is suggested.

Keywords: Bromeliaceae, Morisita index, extinction, endemism

INTRODUÇÃO

Interações positivas como mutualismos e comensalismo entre as plantas são importantes, pois, a presença de plantas associadas reduz o estresse ambiental e pode ser especialmente importante durante todas as fases de estabelecimento de novas mudas e espécies, principalmente aquelas que têm poucos mecanismos para lidar com condições desfavoráveis ao ambiente (CALLAWAY, 1995; AGUIAR; SALA, 1999; GODINEZ-ALVAREZ et al., 2003; BADANO et al., 2015). Assim, como a interação entre plantas podem ser favoráveis, fatores abióticos também podem influenciar na manutenção de uma espécie num determinado local, há exemplo da interação com rochas (PETERS, 2008). Em áreas áridas, mudanças climáticas, altas taxas de extrativismo predatório, e solos secos atingidos por altas temperaturas podem dificultar a sobrevivência de novas mudas e espécies, que só podem sobreviver nas condições do microambiente que existem sob a copa das plantas-enfermeira, tais como arbustos, touceiras de grama, plantas suculentas, e árvores (ARMAS; PUGNAIRE, 2005; BARCHUK; DIAZ, 2005; CARES, 2013).

Espécies endêmicas de pequenas áreas, especialmente em altas altitudes, são mais propícias às alterações climáticas e estão mais expostas à extinção (PARMESAN, 2006; SCHWARTZ et al., 2006). Por outro lado, nessas áreas, a heterogeneidade de habitats é causada pela diversidade topográfica e serve como um tampão contra a extinção, uma vez que, as mudanças climáticas são mais minimizadas do que em áreas planas (LUOTO; HEIKKINEN, 2008; WILLIS; BHAGWAT, 2009). No entanto, a área continuamente reduzida em direção ao topo de morros pode aumentar o efeito de espécies por área e algumas espécies encontradas em altas altitudes podem eventualmente desaparecer (LEAL et al., 2003).

Alcantarea nahoumii é uma Bromeliaceae e pertence à subfamília Tillandsioideae, apresenta hábito rupícola, crescendo naturalmente sobre afloramentos rochosos ou em solos rasos e pedregosos, sendo exposta a alta luminosidade, podendo atingir até 3,5 metros de altura, sendo considerada uma espécie de crescimento intermediário (VERSIEUX; WANDERLEY, 2010). Essa espécie é considerada endêmica da Serra da Jiboia e Vulnerável ao risco de

extinção (VERSIEUX; WANDERLEY, 2007; FORZZA et al., 2013). A Serra da Jiboia consiste em umas das 147 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002; MARQUES et al., 2008), devido à grande diversidade e endemismo de espécies vegetais e animais, além de espécies novas ainda não descritas pela ciência.

Estudos sobre distribuição espacial podem fornecer subsídios básicos para a realização de programas conservacionistas, sobretudo em relação à variação no número de indivíduos numa população, esta relação entre indivíduos jovens e adultos é fundamental na compreensão dos padrões populacionais de cada espécie, assim como, a reprodução, estabelecimento, crescimento e sobrevivência ao longo das gerações, principalmente sobre ocorrência de espécies endêmicas em ambientes altamente especializados, o que contribui para a sua vulnerabilidade (MARTÍNEZ-PERALTA; MANDUJANO, 2011; ZAPPI et al., 2011; CHAVES et al., 2013; FABRICANTE; OLIVEIRA, 2013).

Levantamentos florísticos em afloramentos rochosos estão concentrados basicamente na Cadeia do Espinhaço, Estados de Minas Gerais e Bahia, que compreende o maior bioma rupestre brasileiro, especialmente em solos quartzíticos, embora, haja vários trabalhos sobre a flora desses campos, os estudos ainda são escassos (CONCEIÇÃO; GIULIETTI, 2002; CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005, BITENCOURT; RAPINI, 2013; BITENCOURT et al., 2016). A riqueza e diversidade de espécies dos afloramentos rochosos estão ligadas a fatores como: estrutura do habitat, inclinação do terreno, cobertura e o microclima, que podem contribuir para altas percentagens de endemismo da flora brasileira (BEGON et al., 2006; CONCEIÇÃO et al., 2007; MESSIAS et al., 2011).

Para à compreensão do emprego ecológico das espécies que estão presentes no ambiente, como se distribuem e se associam, surge à necessidade de incrementar o conhecimento de dados quantitativos a respeito da estrutura fitossociológica dos afloramentos rochosos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *A. nahoumii*, da Serra da Jiboia, e o levantamento florístico da vegetação associada a esta espécie considerada endêmica e Vulnerável.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil e é considerada um fragmento de Mata Atlântica, composta por montes de altitude variando de 748 m a 840 m e se estende no sentido Norte-Sul com uma crista de 26 km de comprimento. Com área aproximada de 59,28 km², abrangendo parte do território de cinco municípios integrantes da Região Econômica do Recôncavo Sul da Bahia (Santa Teresinha, Castro Alves, Elísio Medrado, Varzedo e São Miguel das Matas) (Figura 1). A localização geográfica da Serra da Jiboia situa-se em uma zona ecótona, com clima variando entre o tropical úmido, mais ao Sudeste e ao Leste, e o tropical semiúmido, mais ao Norte e a Oeste. A temperatura média anual é de 21°C com índice pluviométrico de 1.200 mm e 80% de umidade. A vegetação varia de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual à Caatinga arbórea com palmeiras, e no topo os campos rupestres (QUEIROZ et al., 1996).

Levantamento florístico e estrutural

O estudo foi realizado no período de agosto de 2014 a março de 2015 em visitas semanais ao afloramento rochoso situado no lado Oeste da Serra da Jiboia. Foram demarcadas 100 parcelas de 4 m² (2 x 2 m), arranjadas em curva de nível paralelas a trilha que dá acesso à população de *A. nahoumii*, com referenciamento de 5 em 5 m entre elas, subdivididas em três áreas de acordo com a altitude (alta encosta - 818 m, media encosta - 784 m e baixa encosta - 754 m), entre as coordenadas a 12° 51' 12,27" S, 39° 28' 34,24" W e 12° 51' 09,75" S e 39° 28' 39,86" W.

Foi realizado em cada parcela um inventário de plantas jovens e adultas da *A. nahoumii*, bem como um levantamento florístico associado à espécie. Para a distribuição espacial da bromélia foi caracterizado como "adultas" os indivíduos que apresentavam inflorescências e/ou indícios ao florescimento (mudança da coloração das brácteas da roseta foliar). Na categoria "jovens" foram enquadrados aqueles pertencentes aos demais estádios ontogenéticos.

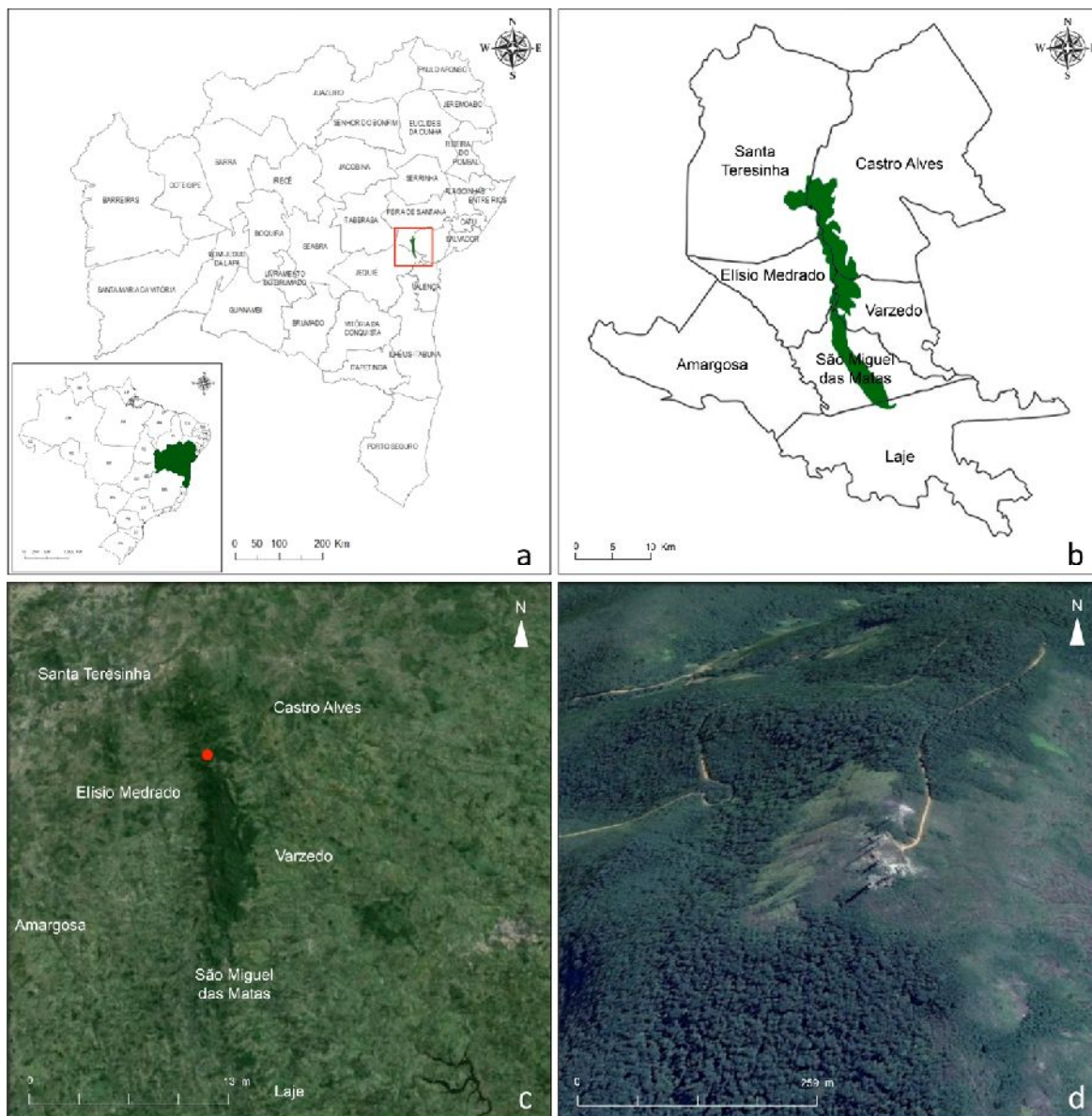


Figura 1. Localização da Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. a) Mapa do Estado da Bahia com ênfase à localização da Serra da Jiboia em verde, detalhe do mapa do Brasil com o Estado da Bahia em verde. b) Mapa da região da Serra da Jiboia englobando os cinco municípios. c) Foto de satélite da Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil e d) Foto de satélite do Monte da Pioneira, local de ocorrência da *Alcantarea nahoumii*. Fonte: c-d) Adaptado Google Earth, acesso em 05 de janeiro de 2016.

Para o levantamento florístico foi coletado em cada parcela o número de espécie com a sua identificação taxonômica, número de plantas por espécie, percentagem de cobertura da vegetação, percentagem de cobertura da A.

nahoumii, inclinação da rocha, percentagem de matéria orgânica e percentagem de rocha exposta.

Foram calculados os parâmetros fitossociológicos, como: densidade absoluta (ind ha^{-1}), densidade relativa (%), frequência absoluta ($100 U_i / UT$), frequência relativa (%) para todas as espécies encontradas e dominância (m^2) da *A. nahoumii* (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

A identificação taxonômica das espécies foi realizada inicialmente *in loco* e utilizando consultas em literatura especializada, consultas em herbários com especialistas. Uma exsicata de cada espécie encontrada nas parcelas amostrais associada a *A. nahoumii* encontra-se depositada no Herbário - UFRB (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Cruz das Almas), Departamento de Biologia.

Análise dos dados

Para determinar o padrão de distribuição espacial, testou-se três índices: Índice de Morisita (I_d), [$I_d = [n (\sum x^2 - N)] / N (N - 1)$] (MORISITA, 1959). Onde: n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; $\sum x^2$: somatório do quadrado do número dos indivíduos por parcela; Índice de McGuinness ($IGA = D/d$), sendo D: densidade observada e d: densidade esperada, onde, D: número total de indivíduos dividido pelo número de parcelas e $d = - \ln (1 - (F\% / 100))$ e F (frequência absoluta) e também pela Razão da variância/ média (Índice de Payandech) (BARROS; MACHADO, 1984; BROWER et al., 1998). A significância estatística foi constatada através do Teste do χ^2 (Qui Quadrado) pelo programa Genes (CRUZ, 2006).

Para todos os índices, valores maiores que 1,0 indicam distribuição agregada, iguais a 1,0 indicam distribuição uniforme e menor que 1,0 distribuição aleatória.

Para a relação entre a *A. nahoumii* e outras espécies foram contabilizadas indivíduos jovens e adultos em conjunto com a ocorrência de outras espécies nas três áreas. Os dados foram organizados e analisados pelo programa Microsoft Office Excel 2010.

Uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi realizada utilizando o software PAST (HAMMER et al., 2001) para coordenar as variáveis ambientais

com as espécies da comunidade. Os dados ambientais expressos em unidades diferentes foram padronizados para equivalências e pesos comparáveis, e as posições das parcelas foram expressas em unidades métricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três áreas demarcadas foram encontrados 1.660 indivíduos, sendo 1.173 indivíduos de *A. nanoumii*, com média de 11,73 indivíduos por parcela, com 1.113 indivíduos jovens e 60 adultos (Tabela 1 e 2). Com relação ao levantamento florístico, encontrou-se 18 famílias, 25 gêneros e 28 espécies. Com relação à densidade absoluta, *A. nanoumii* apresentou 29.325 indivíduos por hectare, sendo 27.825 indivíduos para indivíduos jovens e 1.500 indivíduos adultos. A frequência absoluta foi de 98 %, o que demonstra uma elevada densidade da espécie na área estudada e com dominância em 349,76 m².

A distribuição espacial da *A. nanoumii* mostrou-se agrupada, sendo confirmada pelos Índices testados. O Índice de Morisita apresentou $Id = 1,10$, o Índice de McGuinnes apresentou $IGA = 2,99$, a Razão variância/média apresentou $R = 2,05$ para a população total, com $X^2 = 223,05$. A população de indivíduos jovens apresentou uma distribuição agregada ($Id = 1,36$, $IGA = 2,84$, $R = 1,56$ e $X^2 = 387,18$). A população de indivíduos adultos também apresentou uma distribuição com tendência a agregação ($Id = 1,22$, $IGA = 1,21$, $R = 1,75$ e $X^2 = 337,69$).

O alto investimento reprodutivo da espécie pode ser uma estratégia de sobrevivência, pois para atingir a fase adulta os indivíduos passam por vários processos interativos, que pode ser intensificado pelo longo ciclo reprodutivo da espécie, pelas mudanças climáticas ou por ambientes com ação antropogênica, desenvolvendo-se assim, um processo natural de desenvolvimento da população (CARVALHO et al., 2007)

Com relação à flora associada da *A. nanoumii*, foram observadas 18 espécies nativas e quatro endêmicas do Estado da Bahia (*Vriesea bahiana*, *Mandevilla sancta*, *Melocactus ernestii* e *Clusia melchiorii*) (Figura 2, Tabela 2). A espécie *Tibouchina tementulosa*, pertencente à família Melastomateaceae é nativa do Brasil e é observada com maior frequência (41 %) e densidade de 1.625

indivíduos por hectare, nas três áreas estudadas. *Sobralia lilliastrum* foi à segunda espécie com maior densidade (2.050 indivíduos por hectare), porém com baixa frequência (9 %). As demais espécies observadas apresentaram baixa frequência e baixa densidade (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos, das espécies amostradas em afloramento rochoso na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2015.

Família/ Espécie	Voucher	CA	Número de Indivíduos				DA	DR	FA	FR	DO
			A1	A2	A3	TOTAL					
<u>Bromeliaceae</u>											
<i>Alcantarea nahoumii</i> (Leme) J. R. Grant	HURB 9416	Nat/End/BA	316	482	375	1.173	29.325	70,66	98	33,56	349,76
Jovens			295	457	361	1.113	27.825	67,04	98	33,56	-
Adultas			27	25	8	60	1.500	3,61	39	13,35	-
<i>Vriesea bahiana</i> Leme		Nat/End/BA	15	-	-	15	375	0,90	5	1,71	-
<u>Amaryllidaceae</u>											
<i>Hippeastrum</i> sp.	HURB 10452	Indet	5	-	2	7	175	0,42	3	1,71	-
<u>Apocynaceae</u>											
<i>Mandevilla tenuiflora</i> (J.C. Mikan)	HURB 10444	Nat/Nend	6	1	2	9	225	0,54	5	1,36	-
Woodson											
<i>Mandevilla sancta</i> (Stadelm.) Woodson	HURB 10450	End/BA	8	-	-	8	200	0,48	4	0,68	-
<u>Asteraceae</u>											
<i>Asteraceae</i> sp ¹	HURB 9408	Indet	-	3	4	7	175	0,42	2	1,02	-
<i>Sphagnetocola trilobata</i> (L.) Pruski	HURB 9407	Nat/Nend	21	0	0	21	200	0,48	4	1,36	-
<i>Ageratum conyzoides</i> Sieber ex Steud.	HURB 9406	Nat/Nend	8	-	-	8	525	1,26	3	1,36	-
<u>Cactaceae</u>											
<i>Melocactus ernestii</i> Vaupel	HURB 9419	Nat/End/BA e MG	3	-	18	21	525	1,26	5	1,71	-
<u>Clusiaceae</u>											
<i>Clusia melchiorii</i> Gleason	HURB 9412	Nat/End/BA	1	5	-	6	150	0,36	4	1,36	-
<u>Compositae</u>											
<i>Mikania</i> sp.	HURB 10459	Indet	7	2	0	9	225	0,54	6	2,05	-
<u>Cyperaceae</u>											
<i>Scleria secans</i> (L.) Urb.		Exot	8	2	-	10	250	0,60	5	1,71	-
<u>Gentianaceae</u>											
<i>Chelonanthus purpurascens</i> (Aubl.) Struwe, S.Nilsson & V. A. Albert	HURB 10422	Exot	3	-	2	5	125	0,30	2	0,68	-
<u>Heliconiaceae</u>											
<i>Heliconia psittacorum</i> Sw.		Nat/Am	12	-	-	12	300	0,72	4	1,36	-
<u>Lytharaceae</u>											
<i>Cuphea pulchra</i> Moric.	HURB 10448	Nat/BR	12	2	3	17	450	1,02	8	2,74	-

Continua.....

Continuação.

Família/ Espécie	Voucher	CA	Número de Indivíduos				DA	DR	FA	FR	DO
			A1	A2	A3	TOTAL					
Malpighiaceae											
<i>Byrsonima sericea</i> SC.	HURB 9405	Nat	1	-	-	1	25	0,06	1	0,34	-
Melastomateaceae											
<i>Tibouchina tomentulosa</i> Wurdack	HURB 10447	Nat/End/BR	37	11	17	65	1625	3,91	42	14,38	-
Orchidaceae											
<i>Oncidium flexuosum</i> (Kunth) Lindl.	HURB 10445	Nat/Am	7	11	26	44	1100	2,65	6	2,05	-
<i>Epidendrum secundum</i> Vell.	HURB 9413	Nat/BR	19	-	-	19	475	1,14	6	2,05	-
<i>Vanilla phaeantha</i> Rchb.f.	-	Exot	5	-	-	5	125	0,30	2	0,68	-
<i>Sobralia lilliastrum</i> Lindl.	HURB 10443	Nat	82	-	-	82	2050	4,93	9	3,09	-
<i>Stenohynchus lanceolatus</i> L. C. Rich	HURB 9415	Nat/MA	7	-	-	7	175	0,42	3	1,02	-
<i>Rodriguezia venusta</i> Rchb.f.	HURB 9414	Nat/MA	5	-	-	5	125	0,30	2	0,68	-
Poaceae											
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	-	Exot	6	9	4	19	475	1,14	10	3,42	-
Smilacaceae											
<i>Smilax</i> sp	-	Indet	1	-	2	3	75	0,18	2	0,68	-
Urticaceae											
<i>Pilea microphylla</i> Griseb.	-	Exot	5	-	-	5	125	0,30	2	0,68	-
Velloziaceae											
<i>Vellozia variegata</i> Goethart & Henrard	HURB 10451	Nat/Am	59	-	-	59	1475	3,55	8	2,73	-
<i>Vellozia</i> sp.		Indet	18	-	-	18	450	1,08	2	0,68	-

CA= categoria, Nat= Nativa, End= Endêmica, NEnd= não endêmica, Am= Américas, Exot= Exótica, BR= Brasil, BA= Bahia, MG= Minas Gerais, MA= Mata Atlântica, Indet= Indeterminada, A1 = 818 m – alta encosta; A2 = 784 m - média encosta; A3 = 754 m - baixa encosta; DA= densidade absoluta (ind ha⁻¹), DR= densidade relativa (%), FA= frequência absoluta (% de parcelas onde ocorre a espécie), FR= frequência relativa (%), DO=dominância (m²)

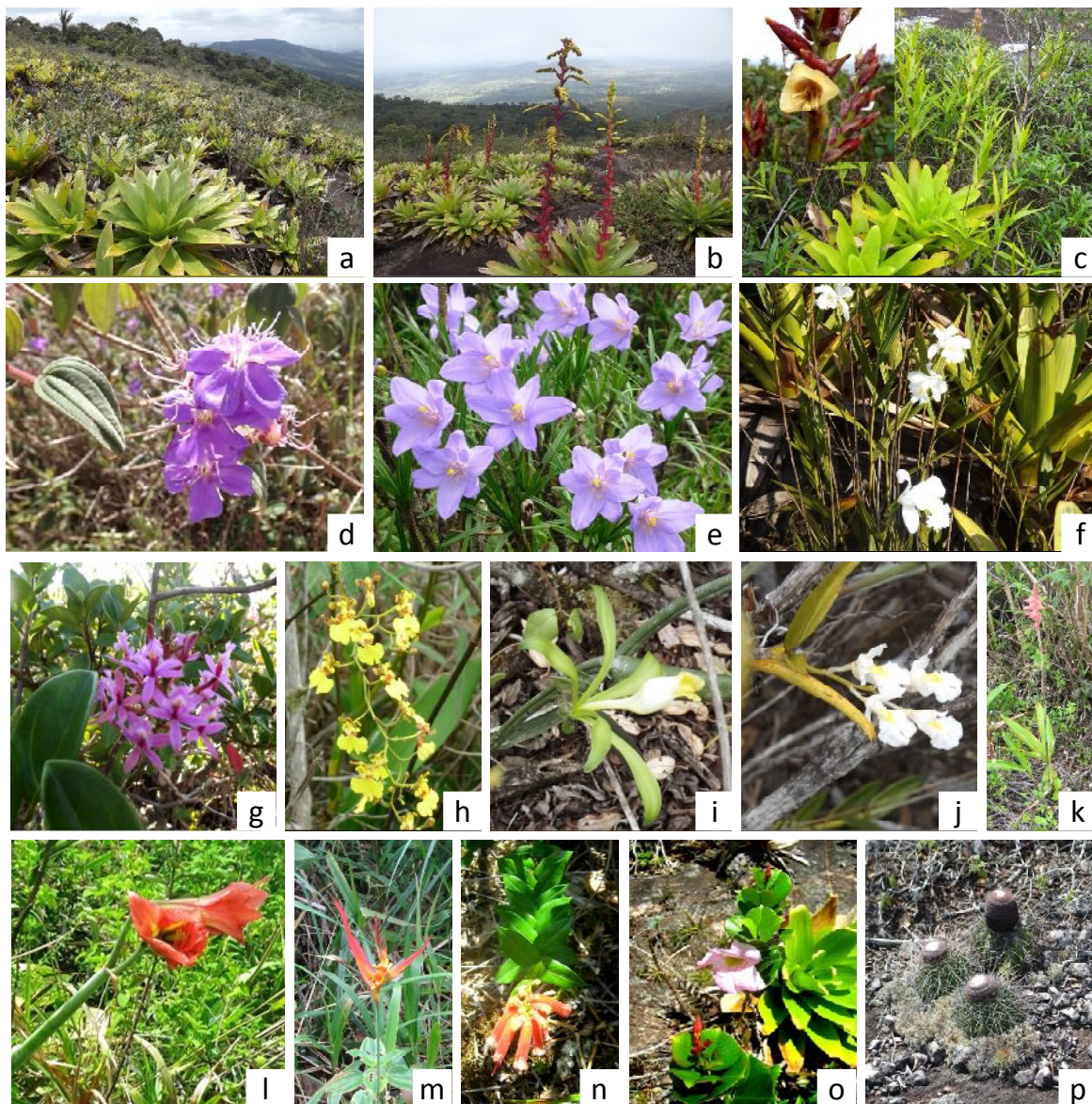


Figura 2. Vista parcial da área do afloramento rochoso mostrando grande número de *Alcantarea nahoumii* com espécies associadas. a) Plantas de *A. nahoumii* em fase vegetativa. b) Plantas de *A. nahoumii* em floração. c) *Vriesia bahiana* Leme. d) *Tibouchina tomentulosa* Wurdack. e) *Vellozia variegata* Goethart & Henrard. f) *Sobralia lilliastrum* Lindl. g) *Epidendrum secundum* Vell. h) *Oncidium flexuosum* (Kunth) Lindl. i) *Vanilla phaeantha* Rchb.f. j) *Rodriguezia venusta* Rchb.f. k) *Stenohynchus lanceolatus* L. C. Rich. l) *Hippeastrum* sp. m) *Heliconia psittacorum* Sw. n) *Cuphea pulchra* Moric. o) *Epidendrum secundum* Vell em associação com *Mandevilla sancta* (Standelm.) Woodson. p) *Melocactus ernestii* Vaupel.

As cinco famílias mais ricas em espécies são, Orchidaceae (6 spp.), Asteraceae (3 spp.), Apocynaceae (2 spp.), Bromeliaceae (2 spp.) e Velloziaceae (2 spp.) que correspondem à 87,80 % do total de espécies identificadas. Além das espécies observadas no presente trabalho, há registro no Herbário da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (disponível online: <http://www.splink.org.br>) de ocorrência de outras espécies na área, a exemplo da *Phragmipedium sargentianum* (Rolfe) Rolfe (Orchidaceae), e *Mandevilla scabra* K.Schum. (Apocynaceae), ambas com grande potencial ornamental. A ausência dessas espécies na época do levantamento florístico pode está relacionada ao grande extrativismo predatório e coleta para vendas de espécies ornamentais, à exemplo da *A. nahoumii* que é vendida em margem de rodovias conforme relatado por Versieux e Wanderley (2010). Na prospecção da área para o início do estudo foi observada a presença de apenas uma touceira da *P. sargentianum* que no presente levantamento florístico já não foi encontrada.

O diagrama de dispersão obtido a partir da Análise de Correspondência Canônica (CCA) explica 99,84 % da variância acumulada, sendo o eixo 1 com 71,88 % e o eixo 2 com 27,96 % (Figura 3). O eixo 1 está associado a inclinação da rocha, o eixo 2 à percentagem de rocha exposta e o eixo 3 à percentagem de matéria orgânica. As parcelas da alta encosta ficaram mais dispersas entre o eixo 2 e 3, enquanto as parcelas da média e baixa encosta ficaram mais próximas entre os eixos 1 e 2, o que está relacionada com as maiores percentagem de inclinação e percentagem de rocha exposta. A maior quantidade e concentração de espécies ocorrem na alta encosta por ser um local de menor declividade e maior concentração de matéria orgânica.

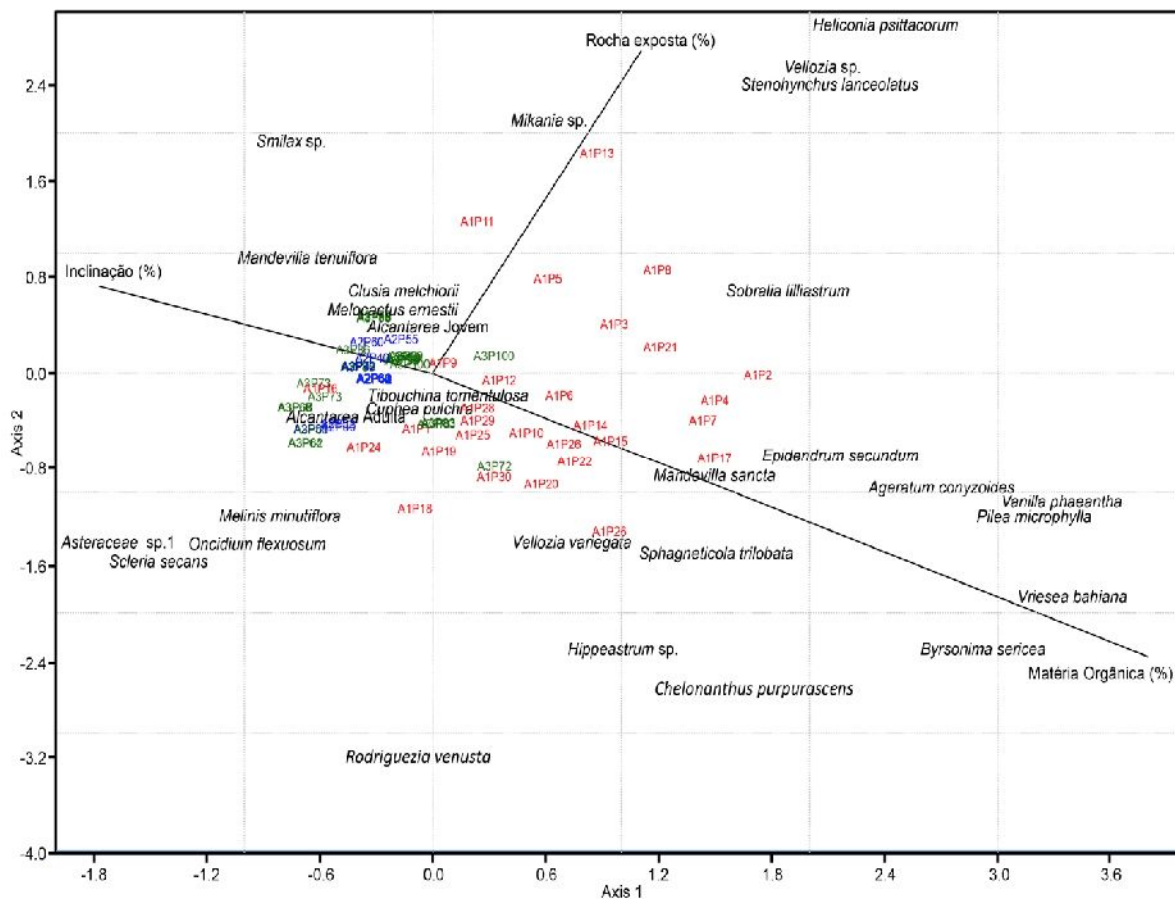


Figura 3. Diagrama de dispersão obtido a partir da Análise de Correspondência Canônica (CCA) aplicada sobre as 100 parcelas de 4m², espécies registradas e as variáveis ambientais na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. Área da alta encosta (vermelho), media encosta (verde) e baixa encosta (azul).

A porcentagem da cobertura vegetal nas três áreas estudadas, alta (68,59 %), média (67,98 %) e baixa encosta (66,76%) (Tabela 1) foram superiores aos campos rupestres da Chapada Diamantina, Bahia, com 64,10 % em Mucugezinho (NEVES; CONCEIÇÃO, 2010), no Morro do Pai Inácio (50,5 %) (CONCEIÇÃO; GIULIETTI, 2002) e na Serra do Sincorá (51,8%), mesmo com altitudes menos elevadas (NEVES; CONCEIÇÃO, 2007). Possivelmente, a *A. nahoumii* por está localizada no lado Oeste da Serra da Jiboia, em uma zona ecótona da Mata Atlântica e Caatinga, sofre menos influencia dos fatores bióticos, quando comparados com os afloramentos rochosos da Chamada Diamantina que se encontram em uma região semiárida.

Dentre os 25 gêneros encontrados na Serra da Jiboia, oito (*Cyperus*, *Epidendrum*, *Sobralia*, *Tibouchina*, *Mandevilla*, *Mrytaceae*, *Melinis* e *Vellozia*) foram semelhantes aos campos rupestres da Serra do Sincorá, Bahia, (NEVES; CONCEIÇÃO, 2007), no Morro do Forno, São Paulo (OLIVEIRA; GODOY, 2007), Quixadá, Ceará (ARAUJO et al., 2008) e algumas regiões de Minas Gerais (CARMO; JACOBI, 2013).

A riqueza dos campos rupestres, diversidade de espécies e hábitos de crescimento, permite a ocupação de espécies em ambientes distintos e diversificados, com grande proporção de gêneros endêmicos. Dentre eles, o gênero *Tibouchina* é mais comum e que mais destaca nessas áreas de campos rupestres (ROMERO; MARTINS, 2002, SILVA, ROMERO, 2008).

Os campos rupestres são naturalmente vulneráveis às perturbações temporais e ambientais e provavelmente serão afetados por mudanças climáticas (FERNANDES et al., 2014; PUGLIESI; RAPINI, 2015; BITENCOURT et al., 2016).

O fogo sendo um dos principais fatores que pode prejudicar os ecossistemas, pois ele afeta diretamente as reproduções sexual e vegetativa, o estabelecimento de plântulas, o desenvolvimento, crescimento e mortalidade dos indivíduos, sendo que cada espécie responde de forma diferente à sua ocorrência, sendo um atenuante modelador da vegetação em diversos biomas do planeta (HOFFMAN, 1999; NEVES; CONCEIÇÃO, 2010).

O desmatamento acelerado, o extrativismo predatório, o turismo desordenado e o fogo, combinado às constantes mudanças climáticas podem contribuir para a perda da biodiversidade no afloramento rochoso da Serra da Jiboia.

Deste modo, a vegetação do afloramento rochoso da Serra da Jiboia está cada vez mais vulnerável. Os resultados do presente trabalho podem subsidiar futuras políticas públicas em uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, pois o conhecimento atual sobre a riqueza, diversidade e endemismo de diversos grupos taxonômicos na Bahia ainda é limitado.

CONCLUSÕES

O padrão de distribuição espacial da população de *A. nahoumii* é agregado, o que se constitui em uma valiosa informação, para futuros estudos sobre regeneração e conservação *in situ*.

Estão em associação a *A. nahoumii* 28 espécies, sendo 18 espécies nativas.

A família Orchidaceae é a mais abundante entre a flora associada a *A. nahoumii*.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. R.; SALA, O. E. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 14, p. 273–277, 1999.

AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dióica de formações florestais de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 353–362, 2006.

ARAÚJO, F. S.; OLIVEIRA, R. F.; LIMA-VERDE, L. W. Composição, espectro biológico e síndromes de dispersão da vegetação de um inselbergue no domínio da caatinga, Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, p. 659–671, 2008.

ARMAS, C.; PUGNAIRE, F. I. Plant interactions govern population dynamics in a semiarid plant community. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 93, p. 978–989, 2005.

BADANO, E. I.; BUSTAMANTE, R. O.; VILLARROEL, E., PABLO A. MARQUET, P. A.; CAVIERES, L. A. Facilitation by nurse plants regulates community invasibility in harsh environments. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, v. 26, p.756–767, 2015.

BARCHUK, A. H.; DIAZ, M. P. Effect of shrubs and seasonal variability of rainfall on the establishment of *Aspidosperma quebracho-blanco* in two edaphically contrasting environments. **Austral Ecology**, Windsor, v. 30, p. 695–705, 2005.

BARROS, P. L. C.; MACHADO, S. A. **Aplicação de índices de dispersão em espécies de florestas tropicais da Amazônia brasileira**. Curitiba: FUFEP, 1984. 44 p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738 p.

BITENCOURT, C., RAPINI, A., DAMASCENA, L. S.; JUNIOR, P. D. M. The worrying future of the endemic flora of a tropical mountain range under climate change. **Flora**, Jena, v. 218, p. 1-10, 2016.

BITENCOURT, C.; RAPINI, A. Centres of endemism in the Espinhaço Range, identifying cradles and museums of Asclepiadoideae (Apocynaceae). **Systematics and Biodiversity**, Oxfordshire, v. 11, p. 525-536, 2013.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; ENDE, C. N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 1998. 273p.

CALLAWAY, R. M. Positive interactions among plants. **Botanical Reviews**, Lancaster, v. 61, p.306-349, 1995.

CARES, R. A.; MUÑOZ, P. A.; MEDEL, R.; BOTTO-MAHAN. C. Factors affecting cactus recruitment in semiarid Chile: A role for nurse effects? **Flora**, Jena, v. 208, p.330-335, 2013.

CARMO, F. F.; JACOBI, C. M. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, p. 527-541, 2013.

CARVALHO, W. A. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L.; CURI, N. Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG. Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 315-335, 2007.

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. D. S.; SANTOS, J. O. D.; FERNANDES, A. D. A.; MARACAJÁ. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, p. 43-48, 2013.

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

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em Campos Rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 23, p. 85-111, 2005.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M.; MEIRELLES, S.T. Ilhas de vegetação em afloramentos de quartzito-arenito no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 21, p. 335-347, 2007.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: análise multivariada e simulação. Viçosa, MG: UFV, 2006. 175 p.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, C. R. S. Estrutura populacional de *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii*(Cactaceae). **Scientia Plena**, Aracaju, v.9, p. 1-8, 2013.

FERNANDES, G. W.; BARBOSA, N. P. U.; NEGREIROS, D.; PAGLIA, A. P.; Challenges for the conservation of vanishing megadiverse rupestrian grasslands. **Natureza e Conservação**, Curitiba, v. 12, p. 162-165, 2014.

FORZZA, F. C.; COSTA, A; F.; LEME, E. M. C.; VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L.; LOUZADA, R. B.; MONTEIRO, R. F.; JUDICE, D. M.; FERNANDES, E. P.; BORGES, R. A. X.; PENEDO, T. S. A.; MONTEIRO, N. P.; MPRAES, M. A. Bromeliaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil** - 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. pp. 315-396.

GODINEZ-ALVAREZ, H.; VALVERDE, T.; ORTEGA-BAES, P. Demographic trends in the Cactaceae. **The Botanical Review**, Lancaster, v. 69, p.173–203. 2003.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, D. T. PAST: palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Califórnia, v. 4, p.1-9. 2001.

HOFFMANN, W. A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**, Ney Work, v. 80, p. 1354-1369, 1999.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Ed. Universitária da UFPE, 2003, 822p.

LUOTO, M., HEIKKINEN, R. K. Disregarding topographical heterogeneity biases species turnover assessments based on bioclimatic models. **Global Changer Biology**, Oxford, v. 14, p. 483-494, 2008.

MARQUES, M. F.; OLIVEIRA, G.; PASCHOLATI, L. F.; MAIA, L. C. Espécies de *Vermiculariopsiella* (Hyphomycetes) associadas a substratos vegetais em fragmento de Mata Atlântica, Serra da Jiboia, Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, p. 659-665, 2008.

MARTÍNEZ-PERALTA, C.; MANDUJANO, M. C. Reproductive ecology of the endangered living rock cactus, *Ariocarpus fissuratus* (Cactaceae). **Journal of the Torrey Botanical Society**, Lawrence, v. 138, p. 145-155, 2011.

MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R. Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrops sites, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, p. 255-268, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. In: Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, p. 215-266, 2002.

MORISITA, M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. **Memoirs of the Faculty of Science**, Kyushi v.2, p.215-235, 1959.

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

NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 24, p. 697-707, 2010.

NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Vegetação em afloramentos rochosos na Serra do Sincorá, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 7, p. 36-45, 2007.

OLIVEIRA, R.; GODOY, S. A. P. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 7, p. 37-48, 2007.

PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 37, p. 637-669, 2006.

PERONI, N., HERNÁNDEZ, M. I. M. **Ecologia de Populações e Comunidades**. CCB/EAD/UFSC: Florianópolis. 2011. 123 p.

PETERS, E. M.; MARTORELL, C.; EZCURRA, E. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehaucan Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, London, v. 72, p. 593-601, 2008.

PUGLIESI, L.; RAPINI, A. Tropical refuges with exceptionally high phylogenetic diversity reveal contrasting phylogenetic structures. **International Journal of Biodiversity**, Cairo, v. 2015, p. 1-17, 2015.

ROMERO, R.; MARTINS, A. B. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, p. 19-24. 2002.

SCHWARTZ, M. W.; IVERSON, L. R.; PRASAD, A. M.; MATTHEWS, S. N.; O'CONNOR, R. J. Predicting extinctions as a result of climate change. **Ecology**, Ney Work, v. 87, p. 1611–1615, 2006.

SILVA, M. A.; ROMERO, R. Melastomataceae das serras do município de Delfinópolis, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, p. 609-647, 2008.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Bahia: Bromeliaceae-Alcantarea. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 10, p.147-151, 2010.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Two new species of *Alcantarea* (Bromeliaceae, Tillandsioideae) from Brazil. **Brittonia**, New York, v. 59, p. 57-64, 2007.

WILLIS, K. J.; BHAGWAT, S. A. Biodiversity and climate change. **Science**, New York, v. 326, p. 806–807, 2009.

ZAPPI, D.; SILVA, S. R.; AONA, L. Y. S.; TAYLOR, N. Aspectos ecológicos e biologia reprodutiva. In: SILVA, S. R.; ZAPPI, D.; RAYLOR, N.; MACHADO, M. **Plano de ação nacional para conservação das Cactáceas**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio: Brasília. Série espécies ameaçadas, n. 24, p. 38-43, 2011.

ARTIGO 2

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT (BROMELIACEAE) EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL¹

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Plant Reproduction.

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT (BROMELIACEAE) EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, ESPÉCIE ENDÊMICA E VULNERÁVEL

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar a biologia floral e reprodutiva de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em fragmento de Mata Atlântica. A fenologia foi estudada de 2012 a 2015. A viabilidade dos grãos de pólen foi realizada por meio da germinação *in vitro* e testes histoquímicos. A receptividade do estigma foi determinada com peróxido de hidrogênio e solução de -naftil acetato. Os sistemas reprodutivos foram verificados em campo e determinados pelos índices de autogamia e autoincompatibilidade. As sementes produzidas foram submetidas a teste de germinação em meio de cultura MS. O néctar produzido foi quantificado e as concentrações de açúcares foram medidas. Os visitantes florais foram observados por 252 horas, sendo 156 (diurnas) e 96 (noturnas). A antese é diurna e não homogênea, com início às 6:30 h prolongando-se até às 8:00 h. As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK e SM. Os testes histoquímicos resultaram em altas porcentagens de viabilidade dos grãos de pólen, com média de 89,71 %, independente do corante utilizado. A receptividade estigmática ocorre juntamente à antese permanecendo até 24 h após a abertura floral. A espécie apresentou autocompatibilidade e alogamia preferencial. Do ponto de vista da conservação, esta espécie apresenta tendência autoestéril e depende de polinizadores para manter a sua aptidão através da polinização cruzada. Foram observadas 16 espécies visitando a *A. nahoumii*, dentre estas, cinco de beija-flores. As principais ameaças desta espécie é a fragmentação do habitat, ocasionada pelo desmatamento, queimadas e o extrativismo predatório, já que os sistemas de reprodução são eficientes, mas de longo prazo.

Palavras-chave: Bromeliaceae, viabilidade dos grãos de pólen; receptividade do estigma, sistemas de polinização, visitantes florais.

***Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT (BROMELIACEAE) FLORAL AND REPRODUCTIVE BIOLOGY AT AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT, ENDEMIC AND VULNERABLE SPECIES**

ABSTRACT: This work aimed to study *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant floral and reproductive biology at an Atlantic forest fragment. The phenology was studied from 2012 to 2015. The pollen grain viability was performed by in vitro germination and immune histochemical tests. The stigma receptivity was determined with hydrogen peroxide and -naphthyl acetate solution. The reproductive systems were checked in the field and determined by the autogamy and self-incompatibility indexes. The seeds were submitted to germination test in MS medium. The produced nectar was quantified and sugar concentrations were measured. The floral visitors were observed for 252 hours, 156 (daytime) and 96 (night). Anthesis is diurnal and inhomogeneous, beginning at 6:30 am lasting until 8:00 h. The higher germination percentages and pollen tube length was obtained from BK and SM culture media. The histochemical tests resulted in high percentages of pollen grain viability with an average of 89.71%, regardless the used dye. The stigmatic receptivity occurs along the anthesis remaining up to 24 h after flower opening. The species showed self compatibility and preferred allogamy. From the conservation point, this species has self-sterile trend and depends on pollinators to maintain their aptitude through cross-pollination. 16 species were observed visiting *A. nahoumii*, among these, five hummingbirds. The main threats to this species are habitat fragmentation, caused by deforestation, fires and predatory extraction, since their reproduction systems are efficient, but long-term.

Keywords: Bromeliaceae, pollen grain viability; stigma receptivity, pollination systems, floral visitors.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica brasileira é um dos principais centros de diversidade e de endemismo de Bromeliaceae, com um total de 653 espécies registradas na última década. Segundo as listas oficiais, 54 espécies estão incluídas na categoria de criticamente em perigo, 89 em perigo, 182 vulneráveis e 17 raras. Além desses números, três espécies foram indicadas na revisão da lista brasileira, como extintas na natureza: *Cryptanthus fosterianus* L. B. Sm., *Neoregelia binotii* (Antoine) L.B. Smith e *Nidularium utriculosum* Ule. É provável que este número esteja subestimado devido ao pouco conhecimento do real estado de conservação das populações de Bromeliaceae em ambientes naturais (MARTINELLI; MORAES, 2013).

O gênero *Alcantarea* é nativo do Brasil e apresenta em torno de 30 espécies. As plantas deste gênero apresentam diversas adaptações para crescerem em ambientes onde há estresse hídrico e alta luminosidade, como os afloramentos rochosos graníticos e também nos afloramentos rochosos dos campos rupestres da serra do Espinhaço, em Minas Gerais e Bahia (VERSIEUX et al., 2012).

A. nahoumii (Leme) J. R. Grant, ocorre exclusivamente no Estado da Bahia e está classificada como vulnerável na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature – IUCN*). Estima-se que 30% das populações existentes tenham sofrido com a redução populacional nos últimos anos, devido ao desmatamento e às frequentes queimadas (VERSIEUX; WANDERLEY, 2007; MARTINELLI; MORAES, 2013).

Com a exploração e a destruição constante da Mata Atlântica, aliada ao crescente interesse de comerciantes atraídos pelas inúmeras espécies ornamentais, as bromélias correm sérios riscos de desaparecimento, sendo necessário o desenvolvimento de medidas de conservação (TARDIVO; CERVI, 1997; ZANELLA et al., 2012).

O conhecimento da biologia floral e reprodutiva é fundamental para o entendimento das interações entre os grãos de pólen e estigma, flores e polinizadores, bem como o sucesso reprodutivo das espécies vegetais para estratégias de sobrevivência e mecanismos de preservação (LENZI; ORTH, 2004; NEGRELLE; MURARO, 2006). Adicionalmente, esses estudos também auxiliam

trabalhos de manejo, domesticação, melhoramento genético, taxonomia, relações ecológicas e polinização (OLIVEIRA et al., 2003; MAYER, et al., 2011; RECH et al., 2013).

Outro aspecto crucial a ser considerado são os estudos fenológicos, que têm ganhado especial importância na última década devido ao seu papel relevante no manejo e conservação de vegetações nativas. Os aspectos fenológicos em Bromeliaceae têm sido poucos estudados considerando-se o número de espécies existentes. A fenologia contribui para o entendimento da reprodução das plantas e suas fases dentro de uma organização temporal, dos recursos dentro das comunidades e das interações planta-animal (TSCHAPKA, 2004). Entretanto, a fenologia das plantas pode ser interrompida devido a alterações climáticas ocasionadas por perturbações ambientais e mudanças nas paisagens (DAI, 2012).

As flores das bromélias são importantes fontes de néctar e muitos trabalhos apontam o padrão de floração sequencial ao longo do ano como um dos fatores principais para a manutenção de polinizadores em determinadas áreas (MACHADO; SEMIR, 2006). A maioria dos estudos apontam os beija-flores como principal polinizador, abrangendo 85 % das espécies de bromélias, ainda que existem registros com abelhas, vespas, mariposas, borboletas e morcegos (SIQUEIRA-FILHO et al., 2001; LEME, 1997; ARAÚJO et al., 2007; CANELA; SAZIMA, 2005; MORILLO et al., 2008; ROCHA-PESSÔA, 2008; NUNES-FREITAS; ROCHA, 2011).

O sistema reprodutivo das bromélias é diversificado, porém a alogamia e a autocompatibilidade estão presentes na maioria das espécies (BENZING, 2000). Matallana et al. (2010), estudando 40 espécies de onze gêneros incluindo a *Alcantarea*, constataram que 75 % são autocompatíveis e 25 % são autoincompatíveis.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estudar a biologia floral e reprodutiva de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em fragmento de Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de uma população natural de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, localizada na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, com coordenadas de 12° 51' 08.19" S e 039° 28' 34.32" W, foram utilizadas para os diferentes estudos. A Serra possui uma área aproximada de 59,28 km² com altitude máxima de 850 m, clima variando de tropical úmido a sub-tropical úmido. Os dados climatológicos de temperatura mínima, média, máxima e pluviosidade foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Fenologia

Foram realizadas observações mensais, entre março de 2012 a dezembro de 2015. Para a determinação do horário da abertura floral e os meses de florescimento, foram analisadas 40 plantas aleatoriamente dentro da população. O pico de floração foi determinado quando mais de 50 % dos indivíduos amostrados estavam floridos. O número de flores abertas por dia e o período de disponibilidade da flor (período em que a flor permanece aberta, disponível aos visitantes, desde sua antese até a senescência) foram registrados durante todo o período de floração em três indivíduos diferentes durante toda a floração.

Para descrever a fenologia de floração da espécie, foi quantificado o número de flores abertas a cada dia, o período da antese, a época da deiscência dos frutos ao longo do período de estudo.

Viabilidade dos grãos de pólen

Flores de três plantas foram coletadas em três tempos diferentes: pré-antese (18:00h), antese (8:00 h) e pós-antese (12:00 h e 18:00 h). Os grãos de pólen foram espalhados com pincel e distribuídos uniformemente em placas de Petri contendo 25 mL de quatro meios de cultura: BM (PARTON et al., 2002); BK (BREWBAKER; KWACK, 1963); MBK (BREWBAKER; KWACK, 1963) modificado com sacarose (20 %) e SM (SOARES et al., 2008) e mantidos em câmara escura à temperatura de 27 ± 1 °C.

O delineamento experimental utilizado para a germinação dos grãos de pólen foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 X 3) sendo quatro

meios de cultura (BM, BK, MBK e SM) e três tempos (8, 12 e 18 h), em 12 repetições.

A contagem dos grãos de pólen germinados e a medida do comprimento do tubo polínico foram realizadas 24 horas após a inoculação em meio de cultura. Para a porcentagem de germinação foram contabilizados todos os grãos de pólen de cada quadrante, enquanto que, para o comprimento do tubo polínico foram mensurados aleatoriamente cinco tubos em cada quadrante, totalizando 60 tubos polínicos de cada tratamento. Foram considerados germinados os grãos de pólen que possuíam tubo polínico com tamanho igual ou superior ao diâmetro do próprio grão de pólen. As microfotografias foram obtidas com auxílio de estereomicroscópio Leica EZ4 D (Leica, Wetzlar, Alemanha).

Os dados de porcentagem de germinação de grãos de pólen foram transformados para arco seno ($\sqrt{x/100}$) antes da análise estatística. Para a comparação das medias, os dados foram submetidos à análise de variância e utilizou-se o teste Tukey ($p < 0,01$), por meio do programa SAS (SAS Institute, 2010).

Quanto aos testes histoquímicos os grãos de pólen foram coletados as 8:00 h, distribuídos sobre lâminas de vidro, e submetidos a quatro corantes, o 1: 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) a 1% diluído em tampão Tris HCl 0,15 M, pH 7,8 (SHIVANNA; RANGASWAMY, 1992); Alexander 1 % em ácido láctico (ALEXANDER, 1980); Carmim Acético 1 % em água (KEARNS; INOUE, 1993) e Lugol 1% (DAFNI, 1992).

A amostragem dos grãos de pólen corados foi realizada ao acaso por meio do método de varredura da lâmina em microscópio óptico GmbH 77081 (Carl Zeiss, Jena, Alemanha), contabilizando-se 100 grãos de pólen por lâmina com três repetições por tratamento, perfazendo um total de 300 grãos de pólen para cada corante. No caso das avaliações com o corante TTC, a contagem dos grãos de pólen viáveis foi realizada 40 minutos após a preparação das lâminas, já que esse corante requer um espaço de tempo para que ocorra a reação enzimática.

Receptividade do estigma

A receptividade do estigma foi avaliada utilizando-se o peróxido de hidrogênio (3 %) (ZEISLER, 1933) e solução de -naftil-acetato com tampão fosfato, acetona e fast blue B salt (PEARSE, 1972; DAFNI, 1992) e em três diferentes tempos, pré-antese (botão 18:00 h), antese (8:00 h) e pós-antese (24 horas após antese) com três repetições, sendo cada repetição composta por um estigma de diferentes plantas.

A receptividade do estigma foi estimada conferindo graus, conforme adaptação de Dafni e Maués (1998): (-) sem reação; (+) resposta positiva fraca; (++) resposta positiva forte; (+++) resposta muito forte.

Sistemas Reprodutivos

Os sistemas reprodutivos foram verificados em campo, com base na metodologia de Kearns e Inouye (1993).

- a) Polinização aberta: botões florais foram apenas selecionados e identificados;
- b) Autopolinização manual: flores foram ensacadas com “*voil*” na pré-antese e na antese foram polinizadas com grãos de pólen da mesma planta;
- c) Autopolinização espontânea: flores em pré-antese foram isoladas com sacos de “*voil*” e permaneceram assim até a frutificação;
- d) Polinização cruzada manual: flores foram ensacadas com “*voil*” na pré-antese e na antese e foram polinizadas com grãos de pólen de outros indivíduos;
- e) Agamospermia: flores foram emasculadas (anteras retiradas) e ensacadas com “*voil*”, permanecendo assim até a frutificação.

As polinizações foram realizadas às 8:00 h (antese) sob as mesmas condições de temperatura (22 ± 3 °C) e umidade (88 %). Para cada sistema reprodutivo foi utilizado quantidades diferentes de flores, conforme a disponibilidade das mesmas. A frutificação foi acompanhada semanalmente até a maturação dos frutos e coletados antes da deiscência. Foram avaliadas a porcentagem de frutificação, comprimento (cm) e diâmetro (cm) dos frutos, número de sementes e germinação *in vitro* das sementes.

O Índice de Autogamia (IA) e Autoincompatibilidade (IAI) foram calculados conforme Ramirez e Brito (1990). A espécie será considerada autógama ou

parcialmente autógama, quando o índice de autogamia foi superior a 0,30, e não-autógamas quando inferior a 0,30. O IAI superior a 0,30, a espécie foi considerada compatível ou parcialmente compatível, enquanto que, valor de IAI inferior a 0,30 autoincompatível.

A estimativa do número de grãos de pólen produzidos por flor foi realizada seguindo metodologia descrita por Kearns e Inouye (1993), em três flores. O número de óvulos foi contabilizado em cada lóculo do ovário com auxílio de estereomicroscópio Leica EZ4 D (Leica, Wetzlar, Alemanha), utilizando três flores de diferentes plantas. A razão pólen/ óvulo foi determinada de acordo com Cruden (1977).

As sementes resultantes dos diferentes sistemas de polinização foram retiradas de frutos maduros e desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio (2% de cloro ativo) e água destilada (2:1) por 20 minutos, seguida de três lavagens em água destilada, esterilizada em câmara de fluxo laminar. As sementes foram distribuídas em placas de Petri contendo 25 mL de meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) suplementado com 3% de sacarose e solidificado com 2 g L⁻¹ de Phytigel[®], sendo o pH ajustado para 5,8 antes da autoclavagem. As sementes foram mantidas em sala de crescimento com temperatura de 25 ± 2° C com condição luminosa de 22 mmolm⁻²s⁻¹ e fotoperíodo de 16 horas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 10 repetições, sendo 8 sementes por repetição. Foi determinada a porcentagem de germinação nos diferentes sistemas reprodutivos.

Produção de néctar

Os botões florais foram ensacados previamente no dia anterior à coleta com sacos de “*voil*” e o néctar produzido foi coletado em hora em hora das 8:00 h às 18:00 h.

O volume do néctar produzido foi obtido pela introdução de uma microseringa graduada (Hamilton 50 µL) na corola da flor, em direção à base das pétalas, nos nectários florais. Após a quantificação, o néctar foi colocado em um refratômetro digital Richert[®] e o índice de refração foi convertido em uma concentração de açúcar (equivalentes de sacarose) de acordo com Bolten et al.

(1979) e Wolf et al. (1979). Para transformar os dados em Kcal, multiplicou-se o total de néctar por flor (mg) pelo fator 4,0 (GALETTO; BERANADELLO, 2005).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por 20 flores/indivíduo. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS (SAS Institute, 2010) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,01$).

Visitantes florais

Os visitantes florais foram observados diretamente no campo em dois períodos (cinco dias consecutivos do mês de outubro e oito dias alternados do mês de novembro) das 6:00 h às 18:00 h e das 18:00 h às 6:00 h totalizando 156 horas de observação diurna e 96 horas noturna com câmera digital com visão infravermelho. Foram contabilizados o comportamento, recurso floral, horário e duração da visita, frequência relativa de cada visitante floral. Os visitantes foram fotografados com câmera digital em três ângulos diferentes e os invertebrados coletados com auxílio de rede entomológica e sacrificados em câmara mortífera (frasco com acetato de etila) e posteriormente foram enviados para identificação por especialista no Grupo Insecta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Todas as ocorrências de agonismo entre os beija-flores foram registradas. A identificação das aves foi realizada por meio de fotos por especialista do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fenologia da floração

O florescimento ocorreu nos anos de 2013 a 2015 com pico de floração nos meses de outubro a dezembro, embora o número de plantas floridas no ano de 2013 foi inferior em relação ao ano de 2014 (Figura 1). No ano de 2012, registrou-se o florescimento de apenas duas plantas no mês de dezembro. Essa baixa ocorrência de florescimento está relacionada à baixa pluviosidade ocorrida durante o ano com média de 714 mm e uma queimada no mês de março em grande parte da área experimental (Figura 2a).

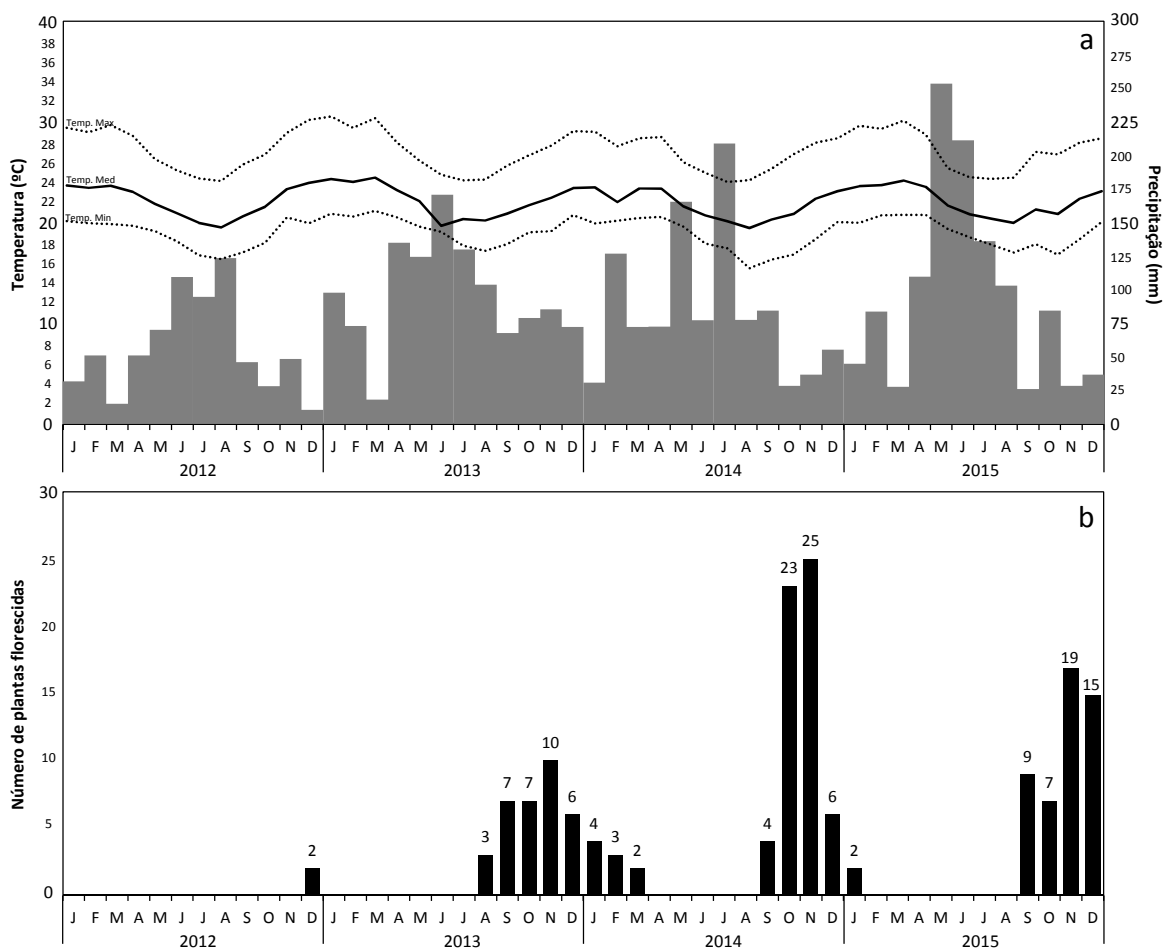


Figura 1. Dados climáticos da região de Santa Teresinha- BA (a) e Frequência de florescimento das plantas de *Alcantarea nahoumii* (b) da Serra da Jibóia nos anos de 2012 a 2015.

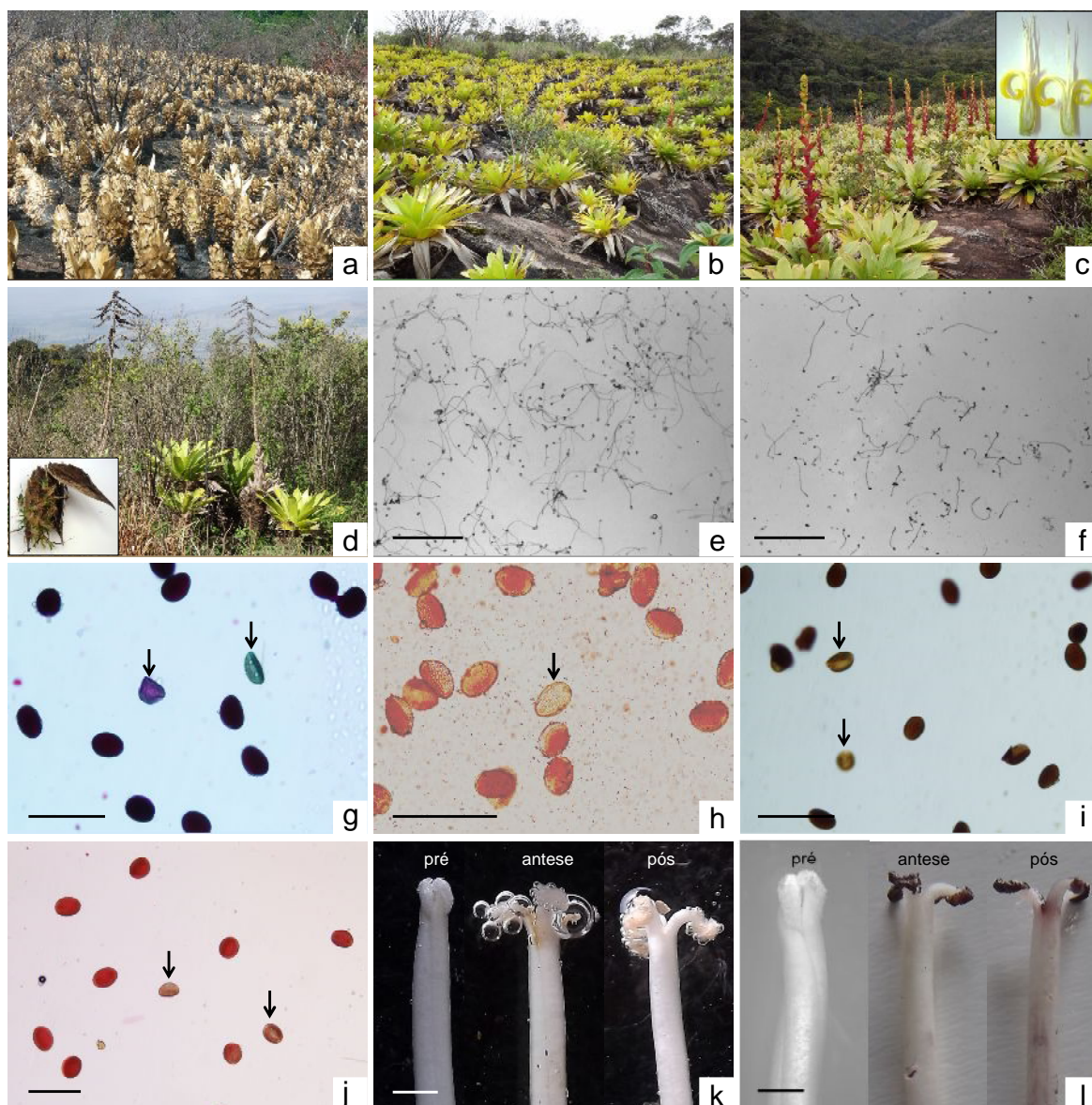


Figura 2. a) Plantas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae) após queimada no ano de 2012. b) Plantas em estágio vegetativo. c) Plantas em florescimento (detalhe da flor). d) Plantas em frutificação (detalhe de capsula com sementes germinadas). e) Germinação *in vitro* dos grãos de pólen em meio de cultura BK (BREWBAKER; KWACK, 1963). f) Germinação *in vitro* dos grãos de pólen em meio de cultura BKM (BREWBAKER; KWACK, 1963, modificado). g-j) Viabilidade dos grãos de pólen com Alexander a 1 %, 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) a 1 %, Lugol a 1 % e carmim acético a 1 %, respectivamente. k-l) Receptividade do estigma com peróxido de hidrogênio e -naftil-acetato com tampão fosfato, acetona e fast blue B salt, respectivamente.

Setas indicam grãos de pólen inviáveis. Barras: e-f) 0,5 mm; g-j) 200 μ m; k-l) 1 mm.

Versieux e Wanderley (2010) e Forzza et al. (2013), relatam a ocorrência de queimadas constantes nesta área, sendo este, um dos fatores que levam esta espécie ser considerada vulnerável à extinção.

Nos meses de fevereiro a julho durante os quatro anos de avaliação não houve registro de florescimento, com as plantas em fase vegetativa (Figura 2b). As primeiras brácteas do escapo floral foram observadas nos meses de agosto a meados de setembro, final da estação chuvosa, com modificação da coloração esverdeada para amarelo-avermelhada (Figura 2c). O tempo registrado da emissão do escapo floral à abertura da primeira flor foi em média de 61 ± 9 dias, prolongando-se por mais 87 ± 11 dias até a abertura da última flor no ápice da inflorescência, período que compreende a primavera e verão, abrangendo os meses de outubro à março (Figura 1).

Cada inflorescência apresentou em média de $150,76 \pm 64,98$ botões, com uma amplitude de variação de 34 a 312 botões florais, dos quais apenas 37,50% abriram as flores. O florescimento ocorreu de forma heterogênea, com uma média de 0,64 flores por planta/ dia e uma variação de 0 a 6 flores, desde o início até o fim da floração.

A antese é diurna e não homogênea, com início às 6:30 h e prolongando-se até às 8:00 h, quando as pétalas amarelas e finas apresentam-se totalmente abertas e retorcidas para baixo (Figura 2c – detalhe). Após 24 horas da antese as flores permanecem ainda abertas, embora tenham apresentado escurecimento com necrose nas pétalas, pistilo e estilete, permanecendo aderidas a inflorescência, independente da ocorrência da polinização.

A frutificação ocorreu entre os meses de fevereiro a abril e a deiscência dos frutos aos 178 ± 18 dias após a polinização, nos meses de maio a junho com abertura das cápsulas e dispersão pelo vento de parte das sementes (Figura 2d). Foi observado que algumas sementes ficaram aderidas aos frutos e após 45 dias germinaram nas próprias cápsulas e inflorescências (Figura 2d – detalhe). As demais sementes por apresentarem um apêndice plumoso foram dispersas pelo vento formando novos indivíduos.

Após o florescimento e senescência da planta (fevereiro a março), observou-se a formação de um a cinco rebentos (brotações laterais) os quais iniciam um novo ciclo reprodutivo após dois anos. Portanto, no caso desta espécie o período reprodutivo, floração, frutificação e a dispersão, foi relativamente longo, iniciando a formação das estruturas reprodutivas no segundo semestre em um ano e encerrando o período de dispersão no primeiro semestre do ano seguinte. Este longo período reprodutivo parece estar ligado à subfamília Tillandsioideae, conforme já relatado por Marques e Lemos Filho (2008).

Espécies de Bromelioideae, a exemplo de *Aechmea nudicaulis* Griseb., *Neoregelia bahiana* (Ule) L. B. Sm. e *Cryptanthus schwackeanus* Mez (MARQUES; LEMOS FILHO, 2008), *Hohenbergia ramageana* Mez, *Neoregelia bahiana* (Ule) L. B. Sm, *Orthophytum mucugense* Wand. & A. A. Conc. e *Aechmea bromeliifolia* (Rudge) Baker ex Benth. & Hook.f.(SANTANA; MACHADO, 2010), *Tillandsia schiedeana* Steud. E *T. achyrostachys* E. Morren ex Baker (OROZCO · IBARROLA et al., 2015), também florescem no período seco, igualmente para a espécie em estudo.

Para Marques e Lemos Filho (2008), em geral, as bromélias que florescem na estação chuvosa, habitam regiões pedregosas e com altitudes elevadas (1400 m), pois nestas condições todo o seu ciclo vegetativo e reprodutivo é otimizado pelas características morfológicas das bromélias, como tanque, raízes absortivas e tricomas escamiformes/ peitados. No entanto, aquelas que se desenvolvem nas altitudes inferiores a 1.300 m, como é o caso da *A. nahoumii* com 850 m de altitude, a floração ocorre no período seco, o que deve coincidir com a maior disponibilidade de polinizadores, evitando assim, as névoas e as baixas temperaturas em ambientes com alta altitude.

Viabilidade dos grãos de pólen

Alcantarea nahoumii apresentou alta viabilidade dos grãos de pólen independentemente do tipo de teste realizado (germinação *in vitro* e histoquímica). Observou-se uma interação significativa (meios de cultura e horários de coleta) para a porcentagem de germinação *in vitro* dos grãos de pólen e comprimento do tubo polínico. O meio de cultura BK proporcionou as maiores porcentagens de germinação durante a antese com 95,41 % de grãos de pólen

germinados, enquanto o meio BMK foi o que se mostrou menos favorável para a germinação dos grãos de pólen desta espécie (Tabela 1 e Figura 2e). Contudo, a maior viabilidade dos grãos pólen ocorreu às 8 horas no período da antese.

Tabela 1. Porcentagem de germinação *in vitro* de grãos de pólen e comprimento do tubo polínico (mm) de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae) em diferentes meios de cultura e horários de coleta.

Meios*	Horários			Média
	8:00 h	12:00 h	18:00 h	
	Germinação <i>in vitro</i> (%)			
BM	89,91 b A	83,58 a B	82,00 a B	85,16 b
BK	95,41 a A	86,58 a B	85,16 a B	89,05 a
MBK	82,00 c A	75,41 b B	73,91 b B	77,10 c
SM	90,83 b A	86,50 a B	83,16 a B	86,83 b
Média	89,54 A	83,01 B	81,05 C	
CV (%)	3,88			
	Comprimento do tubo polínico (mm)			Média
BM	0,96 b A	0,76 b B	0,70 b B	0,80 b
BK	1,07 a A	0,94 a B	0,81 a C	0,94 a
MBK	0,94 b A	0,85 b A	0,74 b B	0,84 b
SM	1,14 a A	0,80 b B	0,80 a B	0,91 a
Média	1,02 A	0,83 B	0,76 C	
CV (%)	24,12			

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. * Meios de cultura: BM (PARTON et al., 2002), BK (BREWBAKER; KWACK, 1963), MBK (BREWBAKER; KWACK, 1963, modificado), SM (SOARES et al., 2008).

Segundo Einhardt et al. (2006), a germinação *in vitro* não reproduz completamente o crescimento do tubo polínico como a fertilização *in vivo*, porém pode ocorrer interações entre a composição de meio de cultura e os diferentes materiais vegetais. Soares et al. (2008) e Souza et al. (2015), afirmam que os

resultados da germinação *in vitro* podem ser próximos ao que ocorre *in vivo* e por isso a importância de executar a técnica com cuidado para cada espécie.

Com relação aos testes histoquímicos a maior porcentagem de grãos de pólen viáveis foi obtida com o corante Alexander 1 % com 94 % de viabilidade seguido do TTC1 % com 91 % (Figura 2g-h). Os corantes lugol e carmim acético apresentaram 90,40 % e 83,46 %, respectivamente (Figura 2i-j). Observou-se que o corante Alexander 1 % e TTC 1 % apresentaram uma melhor distinção, pela diferença de coloração, entre os grãos de pólen viáveis e inviáveis quando comparado aos demais (Figura 2).

A alta viabilidade do grão de pólen pode estar relacionado com alguns fatores como condições de temperatura, umidade, longevidade da flor e horário de coleta, assim como a capacidade de germinação, atividade enzimática e presença de citoplasma, podendo influenciar diretamente na viabilidade (COSTA et al., 2009; SOARES et al., 2015).

A solução de Alexander (1980) contém fucsina ácida e verde malaquita que reagem com o protoplasma e a celulose do grão de pólen, por isso, é possível diferenciar os grãos de pólen viáveis (azul-arroxeados) dos inviáveis (azul-esverdeados). Os grãos de pólen inviáveis não possuem núcleo, e a coloração se apresentará apenas na celulose contida na parede.

Hoekstra e Bruinsma (1975) relatam que a reação do TTC está relacionada com respiração celular e confere ao pólen uma coloração vermelha. Já a coloração vermelha do carmim acético baseia-se na integridade cromossômica (KEARNS; INOUE, 1993). Com o lugol, acontece uma reação química entre o iodo e a molécula de amido, conferindo aos grãos de pólen viáveis uma coloração marrom e aos inviáveis, uma coloração amarela-clara (KAUR; NAGPAL, 2013).

De acordo com Souza et al. (2002), valores de viabilidade polínica acima de 70% são considerados como alta viabilidade, de 31 % a 69% como média e até 30%, baixa viabilidade. O mesmo autor afirma que a viabilidade polínica é considerada uma medida de fertilidade masculina, e pode ser avaliada por diferentes técnicas, a exemplo da germinação *in vitro*, *in vivo* ou métodos indiretos baseados em parâmetros citológicos como a coloração (SOUZA et al., 2015). Com base nessa afirmação e de acordo com os resultados apresentados neste

trabalho, os grãos de pólen de *A. nahoumii* apresentaram alta viabilidade e podem ser utilizados em cruzamentos controlados.

Receptividade do estigma

A receptividade estigmática ocorreu na antese e permaneceu até 24 h após antese (Tabela 2). Não foi verificada receptividade na pré-antese nas duas metodologias estudadas. As duas metodologias foram eficientes para avaliar a receptividade do estigma de *A. nahoumii*, apresentando resultados similares (Tabela 2).

Tabela 2. Receptividade do estigma de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae) avaliada entre a pré-antese e pós-antese, por duas metodologias.

Horários	H ₂ O ₂	-naftil acetato
Pré-antese (18:00h)	-	-
Antese (8:00h)	+++	+++
Quatro horas pós-antese (12:00h)	+++	+++
Dez horas pós-antese (18:00h)	+++	+++
Vinte quatro horas pós-antese (8:00h)	+++	+++

(-) sem reação; (+) resposta positiva fraca; (++) resposta positiva forte; (+++) resposta positiva muito forte. Metodologias adaptadas de Dafni e Maués (1998); peróxido de hidrogênio 3%; - naftil = solução de -naftil acetato, tampão fosfato, acetona e fast blue B salt.

Com o uso do peróxido de hidrogênio a 3%, houve a formação de bolhas de ar na área estigmática, indicando uma atividade enzimática da peroxidase muito forte. A solução de -naftil acetato, tampão fosfato, acetona e fast blue B salt conferiu uma coloração marrom escura quando o estigma estava receptivo e sem coloração quando o estigma não estava receptivo.

Normalmente a receptividade do estigma está associada à abertura floral e influencia diretamente no sistema de polinização, pois é neste momento que os grãos de pólen devem ser depositados sob o estigma e ocorrer à fecundação (CRUDEN, 2000; PANNEL; LABOUCHE, 2013). Portanto, para *A. nahoumii*, nas condições que foram realizados os estudos, trabalhos de hibridação poderá ser realizada no período das 8 às 18 horas, dado que os grãos de pólen apresentam alta viabilidade e o estigma está receptivo.

Esses resultados corroboram com os estudos de Souza (2013), em que estudando a receptividade do estigma de *A. nahoumii* em ambiente controlado (casa de vegetação), observou também que a receptividade acontece na antese e permanece até 24 h pós-antese. Esse mesmo autor sugere que os cruzamentos controlados devem ser realizados nesse intervalo de tempo para que haja uma maior fecundação e produção de sementes.

Dafni e Maués (1998) enfatizam que a utilização do peróxido de hidrogênio, apresenta resultados não tão confiáveis, pois pode variar de acordo com a idade da planta, além de não identificar exatamente a área receptiva. Para evitar um resultado falso-positivo com a utilização do peróxido de hidrogênio, o presente trabalho procurou-se ter um cuidado especial para manter a integridade do material, evitando assim contato com a parte superior do estilete e papilas estigmáticas.

Sistemas Reprodutivos

Foram observadas diferenças significativas, entre os sistemas de polinização com formação de frutos com sementes férteis para polinização cruzada (52,3%), polinização aberta (35,3%) e autopolinização manual (flores da mesma planta) (10%). Para os tratamentos com autopolinização espontânea e agamospermia, não houve formação de frutos, indicando que a espécie não é autocompatível e ou apresenta apomixia (Tabela 3).

Nos tratamentos que apresentaram frutificação, o comprimento e diâmetro das cápsulas variaram de $3,26 \pm 0,33$ cm a $4,46 \pm 0,21$ cm, respectivamente. O número de sementes produzidas deferiu significativamente entre os tratamentos, com um maior número de sementes formadas na polinização cruzada ($453,6 \pm 141,01$) e polinização aberta ($446,5 \pm 116,54$). A autopolinização manual com grãos de pólen colhido na mesma planta formou apenas $199,3 \pm 73,49$ sementes. A porcentagem de germinação das sementes foi de 52,50%, contrastando com 82,50% de germinação para polinização aberta e 75% para polinização cruzada (Tabela 3), esses resultados sugerem uma perda do vigor provindas de polinização controlada e/ ou no caso da autopolinização manual com grãos de pólen da mesma planta que pode ocorrer depressão endogâmica, conforme relatado por Vaughton et al. (2010) para a espécie *Cyrtanthus breviflorus* e Paggi

et al. (2013) para *Vriesea friburgensis* Mez. Para Vosgueritchian e Buzato (2006) a polinização cruzada promove também o fluxo gênico entre os indivíduos, conseqüentemente aumenta a variabilidade genética sendo considerada importante para a manutenção das espécies.

Tabela 3. Produção de frutos, número sementes e germinação de sementes de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae) em função dos diferentes sistemas de polinização.

	Frutos formados (%)	Comp. dos frutos (cm)	Diâmetro dos frutos (cm)	Número de sementes	Sementes germinadas (%)
Polinização aberta	35,3 (31/86) a	4,25 ± 0,44 a	1,25 ± 0,12 a	446,5 ± 116,54 c	82,50 a
Autopolinização manual	10 (10/100) b	3,26 ± 0,33 b	1,14 ± 0,10 a	199,3 ± 73,49 b	52,50 c
Autopolinização espontânea	0 (0/104) c	0	0	0	0
Polinização cruzada manual	52,3 (41/76) a	4,46 ± 0,21 a	1,25 ± 0,10 a	453,6 ± 141,01 a	75,00 b
Agamospermia	0 (0/98) c	0	0	0	0
IA			0,00		
IAI			0,44		

O número de frutos produzidos/ número de flores utilizadas são apresentados entre parêntesis. (IA) Índice de autogamia; (IAI) Índice de incompatibilidade. As médias com diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Alcantarea. nahoumii apresentou índice de autogamia zero e índice de autoincompatibilidade 0,44. Com base nesses resultados é possível afirmar que essa espécie é preferencialmente alógama autocompatível, contudo, necessita da presença de um agente polinizador, para manter a produção de sementes viáveis.

Outros fatores que podem afetar o número de sementes é a eficiência da polinização, devido ao número de grãos de pólen depositados no estigma e número de óvulos por flor para serem fertilizados (MIONE; ANDERSON, 1992). Para *A. nahoumii*, o número de grãos de pólen por flor foi de 396.300 em seis anteras e o número de óvulos por flor foi de 551 ± 39, sendo a razão pólen/ óvulo (P/ O) de 719,24/ 1. Esse valor está de acordo com a classificação de Cruden (1977) onde classifica as espécies alógamas facultativas com uma relação P/ O de aproximadamente 796,6 ± 87,7.

Provavelmente, o maior sucesso no sistema de polinização cruzada e polinização aberta devem-se ao maior fluxo gênico entre plantas, devido a ação dos polinizadores, que podem se deslocar a longas distâncias, transportando os

grãos de pólen, de uma planta para outra (KAWAI; KUDO, 2008; BARBARÁ et al., 2009). Embora, várias espécies de bromélias apresentem o sistema reprodutivo de autocompatibilidade, Scrok e Varassin (2011) estudando *A. distichantha* e Schmid et al. (2011) e Paggi et al. (2013) estudando *V. friburgensis*, observaram um maior número de fruto e sementes na polinização aberta, sugerindo, que essa ocorrência pode estar relacionada a eficiência dos polinizadores.

Produção de néctar

O volume médio de néctar produzido foi de 44,71 μL e a concentração média de açúcares, foi de 29,7 % (n=20 flores de 20 indivíduos) ao longo de 10 horas (8:00 h às 18:00 h), não sendo constante ao longo do dia. A maior produção de néctar ocorreu às 11:00 h com 73,55 μL , reduzindo a 11,11 μL às 18:00h. A concentração mais elevada de açúcar foi observada às 18:00 h, com 45,01 % (Figura 3).

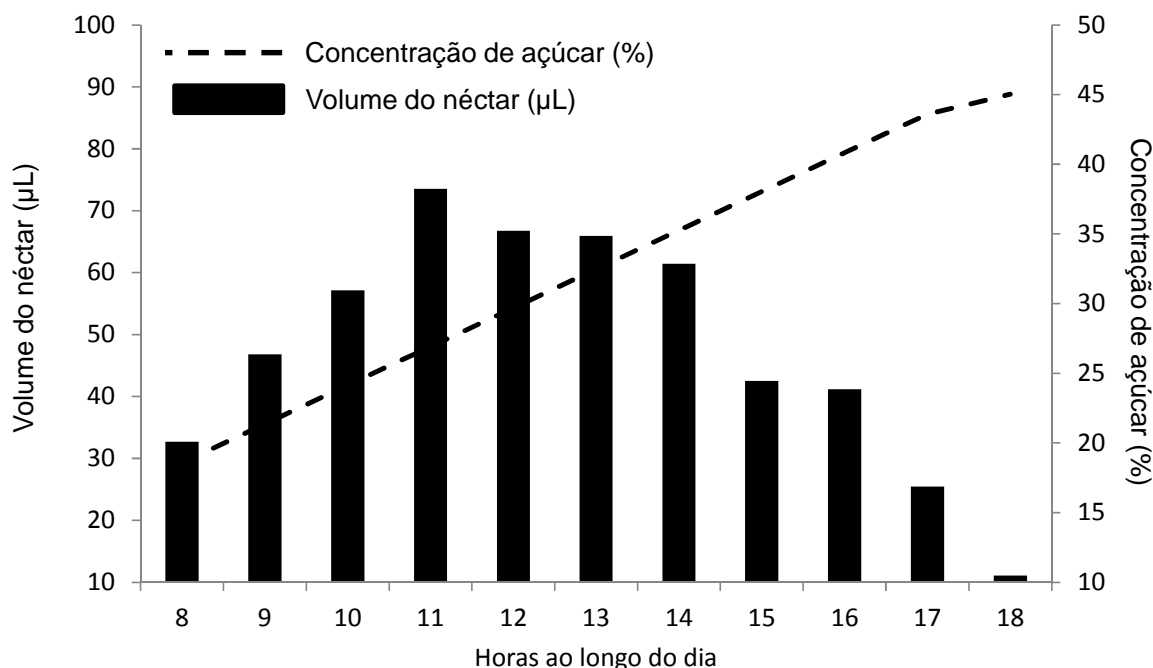


Figura 3. Produção (volume) e concentração (% açúcar) de néctar em flores de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae).

Altas correlações foram observadas entre açúcares totais e calorias ($r=0,84^{**}$) bem como a presença de visitantes florais (beija-flores, abelhas,

pássaro, borboletas, vespas, besouros e formigas) ($r= 0,71^{**}$). Em relação ao horário de coleta foi observado uma correlação positiva significativa com os sólidos solúveis totais ($r= 0,79^{**}$) bem como com a concentração de açúcar ($r=0,77^{**}$). Não foram observadas correlações significativas entre o horário de coleta e volume no néctar produzido ($r=-0,048^{ns}$), bem como em relação a concentração de açúcares ($r=0,064^{ns}$).

A falta de correlação do volume e da concentração de açúcares do néctar pode estar associada às diferenças entre as taxas de evaporação e de secreção do néctar (KAJOBÉ, 2007), uma vez que, a concentração de açúcares presentes no néctar indica que não ocorre reabsorção. Estes resultados corroboram com os estudos de Aguilar-Rodriguez et al. (2014), que observaram uma não correlação do volume e concentração de açúcar no néctar da bromélia *Tillandsia macropetala* Wawra. Em contrapartida Aguilar-Rodriguez et al. (2015) observaram, uma correlação negativa e significativa entre o horário de coleta e volume produzido, bem como entre o horário de coleta e concentração de açúcares.

A variação do volume do néctar e a concentração de açúcares é bem comum em algumas espécies, a exemplo de *Aechmea pectinata* Baker, *Aechmea nudicaulis* Griseb, *Aechmea organensis* Wawra, *A. ornata* Baker, *Billbergia amoena* Lindl., *Nidularium innocentii* Lem., *N. Rubens* Mez, *Tillandsia geminiflora* Brongn, *T. stricta* Lindl., *T. tenuifolia* Jacq, *Vriesea altodaserrae* L. B. Sm., *V. carinata* Wawra, *V. flammea* L. B. Sm. *V. incurvata* E. Morrene *V. philippocoburgii* Wawra, onde Canela e Sazima (2003) e Machado e Semir (2006) explicam que essa variação pode está relacionada a frequência de visitantes florais. Em contrapartida, Lenzi et al. (2006) e Scrok e Varassin (2011), estudando *A. lindenii* E. Morren ex K.Koch e *A. distichantha* Lem. observaram que o volume do néctar e a concentração de açúcares se mantém constante ao longo do dia. Pode-se observar que mesmo dentro do gênero ocorrem diferenças entre as espécies.

Visitantes florais

Um total de 252 horas de observação (96 horas noturna e 156 diurna) foi registrado 189 visitas, todas diurnas, de 11 espécies de visitantes florais. Destas,

cinco foram da família Trochilidae [*Eupetomena macroura*, *Chrysolampis mosquitos* (fêmea), *Florisuga fusca*, *Anthracothorax nigricollis* (fêmea), *Thalurania glaucopis* (fêmea e macho)]; uma da família Thraupidae (*Coereba flaveola*); quatro espécies da Apidae (*Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Oxytrigona tataira* e *Augochlorella* sp.); e uma espécie de Pieridae (*Ascia monuste*) (Tabela 4 e Figura 4).

Tabela 4. Visitantes florais, recurso floral coletado, frequência relativa e período de visita em *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae). Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2015.

Espécie	Recurso floral	Número de visitas	Frequência relativa (%)	Período de visita
<u>Pássaros</u>				
<i>Eupetomena macroura</i>	Néctar	6	3,17	M
<i>Chrysolampis mosquitos</i>	Néctar	27	14,31	M / V
<i>Florisuga fusca</i>	Néctar	23	12,19	M
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	Néctar	21	11,00	M
<i>Thalurania glaucopis</i>	Néctar	26	13,75	M / V
<i>Coereba flaveola</i>	Néctar e Pólen	13	6,89	M
<u>Abelhas</u>				
<i>Apis mellifera</i>	Néctar e Pólen	24	12,72	M
<i>Trigona spinipes</i>	Néctar e Pólen	18	9,54	M / V
<i>Oxytrigona tataira</i>	Néctar	23	12,19	M
<i>Augochlorella</i> sp.	Pólen	3	1,59	M
<u>Borboleta</u>				
<i>Ascia monuste</i>	Néctar	5	2,65	M
		189	100	

M = Matutino; V = Vespertino.



Figura 4. Visitantes florais de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant (Bromeliaceae). a) *Chrysolampis mosquitos*. b) *Thalurania glaucopis* (macho). c) *Florisuga fusca*. d) *Anthracothorax nigricollis* (fêmea). e) *Eupetomena macroura*. f) *Coereba flaveola*. g) *Apis mellifera*. h) *Oxytrigona tataira*. i) *Ascia manuste*. Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2015.

As visitas dos beija-flores iniciaram às 9:00 h, estendendo-se até as 16:00 horas, sendo mais frequentes no período da manhã, com intervalos de 10 a 20 minutos entre as visitas, totalizando uma média de 15 visitas por inflorescência. No turno vespertino, além de menos frequentes, os intervalos eram também maiores, variando entre 30 a 40 minutos, totalizando em média três visitas por inflorescência. Os beija-flores *Chrysolampis mosquitos* (Figura 4a), *Thalurania glaucopis* (Figura 4b), e *Florisuga fusca* (Figura 4c), permaneciam de três a seis segundos em cada flor, em seguida, deslocavam-se para outras inflorescências ou para galhos próximos, sem se afastar da área em floração, reiniciando posteriormente novas visitas. As espécies *Chrysolampis mosquitos*, *Thalurania*

glaucopis foram às únicas que apresentaram interações agonísticas, também foi observado que apenas essas espécies visitavam as flores no período da tarde. Fêmeas de *Anthracothorax nigricollis* (Figura 4d) foram observadas em menor frequência (11,13 %) das demais espécies de beija-flores, com exceção de *Eupetomena macroura* (Figura 4e) que apresentou um comportamento isolado, pousando próximo a mata e visitava as flores que estavam na lateral da área em estudo com uma frequência de 3,17 %. Nas cinco espécies de beija-flores observadas no presente estudo, todas foram em busca de néctar, pois introduziam o longo bico entre as pétalas em direção à base do tubo da corola, onde encontra-se a câmara nectarífera.

O *Coereba flaveola* (Figura 3f) realizava apenas visita ilegítima de modo que usufruía dos grãos de pólen e do néctar que estava exposto, conferindo a função de pilhador.

Em algumas bromélias que habitam campos rupestres, como *Hohenbergia ramageana* Mez, *A. bromeliifolia* (Rudge) Baker ex Benth. & Hook.f., *N. bahiana* L. B. Sm., *O. albopictum* Philcox e *Dyckia dissitiflora* Schult.f., a disponibilidade de recursos, têm demonstrado que podem representar significativa porção na dieta dos beija-flores, com porcentagens variando de cerca de 30 a 70 %, havendo influência de diversos fatores, como a competição, a disponibilidade de recurso e a sazonalidade (MACHADO, 2007; MACHADO, 2009; MACHADO; ROCCA, 2010, MACHADO, 2014).

As abelhas *Trigona spinipes* e *Apis mellifera* (Figura 3g) visitaram as flores solitariamente, com permanência na flor por longos períodos, a *Oxytrigona tataira* (Figura 3h) ou abelha caga-fogo ficavam em grupos de 8 a 10 indivíduos, e suas visitas ocorreram apenas pela manhã, sendo mais intensas no período entre 6:30 h e 11:30 h. Todas estas espécies estavam presentes durante todo o período de floração e coletaram néctar. A abelha *Augochlorella* sp. foi encontrada apenas nas anteras coletando grãos de pólen, com permanência média de dez segundos nas flores. A borboleta (*Ascia manuste*) (Figura 3i) pousava na flor apenas para coletar néctar e permanecia por apenas oito segundos com uma frequência de 2,65 %.

Além das espécies já mencionadas, foi também observada uma espécie da Ordem Coleoptera, *Diabrotica septenlitturata* e quatro de Hymenoptera, *Polybia*

sp, *Polistes* sp, *Polybia platycephata* e Formicidae (não identificada), as quais não apresentaram qualquer interesse pelos recursos florais, com predominância de visita ao longo da manhã, exceto para formiga que estavam presentes todo o dia.

Em Bromeliceae a síndrome de polinização é diversificada, sendo mais frequente a ornitofilia por beija-flores (CANELA; SAZIMA, 2003; CANELA; SAZIMA, 2005; MACHADO; SEMIR, et al., 2006; AGUILAR-RODRÍGUEZ et al., 2014; MACHADO, 2014), embora haja registro de quiropterofilia inclusive dentro do gênero *Alcantarea* (MARTINELLI, 1997), falenofilia, melitofilia, psicofilia e entomofilia (SAZIMA et al., 1999; MARTINELLI, 1997; CANELA; SAZIMA, 2005; SANTANA; MACHADO, 2010; MARQUES et al., 2015).

CONCLUSÕES

A fenologia da *A. nahoumii* está intimamente relacionada com a pluviosidade e o ciclo reprodutivo é de aproximadamente de dois anos.

Os grãos de pólen apresentaram alta porcentagem de viabilidade polínica independente do método utilizado.

As maiores porcentagens de germinação e comprimento do tubo polínico foram obtidas em meios de cultura BK e SM.

O estigma está receptivo a partir da antese, permanecendo até 24 h após a abertura floral, sendo ideal para a realização de cruzamentos.

A espécie apresentou autocompatibilidade e alogamia preferencial, necessitando de agentes polinizadores para a fertilização mesmo na autopolinização.

O volume do néctar não foi constante e a concentração de açúcares aumenta ao longo do dia.

Foram observadas 11 espécies de visitantes florais, apenas durante o dia, sendo cinco espécies de beija-flores.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR-RODRÍGUEZ, P. A.; KRÖMER, T.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; KNAUER, A.; KESSLER, M. First record of bat-pollination in the species-rich genus *Tillandsia* (Bromeliaceae). **Annals of Botany**, London, v. 113, p. 1047-1055, 2014.
- AGUILAR-RODRÍGUEZ, P. A.; KRÖMER, T.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; MACSWINEY, G. M. C. From dusk till dawn: nocturnal and diurnal pollination in the epiphyte *Tillandsia heterophylla* (Bromeliaceae). **Plant Biology**, Chichester, Online, 2015.
- ALEXANDER, M. P. A versatile stain for pollen, fungi, yeast and bacteria. **Stain Technology**, Baltimore, v. 55, p. 13-18, 1980.
- ARAÚJO, V. A.; MELO, S. K.; ARAÚJO, A. P. A.; GOMES, M. L. M.; CARNEIRO, A. A. Relationship between invertebrate fauna and bromeliad size. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 67, p. 611-617, 2007.
- BARBARA, T.; MARTINELLI, G.; PALMA-SILVA, C.; FAY, M.F.; MAYO, S.J. ; LEXER, C. Genetic relationships and variation in reproductive strategies in four closely related bromeliads adapted to neotropical 'inselbergs': *Alcantarea glaziouana*, *A. regina*, *A. geniculata* and *A. imperialis* (Bromeliaceae). **Annals of Botany**, London, v.103, p. 65-77, 2009.
- BENZING, D. H. **Bromeliaceae**: profile an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 690 p.
- BHATTACHARYA, A.; MANDAL, S. Stigma form and surface in relation to *in vivo* pollen germination in *Butea monosperma* (Lamk.) Taub. and *Catharanthus roseus* (Linn.) G. Don. **Phytomorphology**, Delhi, v. 53, p. 179-185, 2003.
- BOLTEN, A.B.; FEINSINGER, P.; BAKER, H.G.; BAKER, I. On the calculation of sugar concentration in flower néctar. **Oecologia**, Berlin, v. 41, p. 301-304, 1979.
- BREWBAKER, J. L.; KWACK, B. H. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. **American Journal Botany**, New York, v. 50, p. 859-865, 1963.

CANELA, M. B. F.; SAZIMA, M. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in the southeastern Brazil: ornithophilous versus melittophilous features. **Plant Biology**, Germany, v. 7, p. 411-416, 2005.

CANELA, M.B.F.; SAZIMA, M. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in south-eastern Brazil. **Annals of Botany**, London, v. 92, p. 731-737, 2003.

COSTA, R. S.; MORO, F. V.; OLIVEIRA, J. C. Influência do momento de coleta sobre a viabilidade de grão de pólen em maracujá-doce (*Passiflora alata curtis*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 956-961, 2009.

CRUDEN, R. W. Pollen grains: why so many? In: **Pollen and pollination**. Springer Vienna, p. 143-165. 2000.

CRUDEN, R. W. Pollen-ovule ration: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, Lawrence, v.31, p. 32-46, 1977.

DAFNI, A. **Pollination ecology**: a practical approach (the practical approach series). New York, Oxford: University press. 1992. 250p.

DAFNI, A.; MAUÉS, M. M.A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. **Sexual Plant Reproduction**, Berlin, v. 11, p. 177-180, 1998.

DAI, J; WANG, H.; GE, Q. Multiple phenological responses to climate change among 42 plant species in Xi'an, China. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 57, p. 749-758, 2013.

EINHARDT, P. M.; CORREA, E. R.; RASEIRA, M. C. B. Comparação entre métodos para testar a viabilidade de pólen de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 5-7, 2006.

FORZZA, F. C.; COSTA, A; F.; LEME, E. M. C.; VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L.; LOUZADA, R. B.; MONTEIRO, R. F.; JUDICE, D. M.; FERNANDES, E. P.; BORGES, R. A. X.; PENEDO, T. S. A.; MONTEIRO, N. P.; MPRAES, M. A. Bromeliaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. pp. 315-396.

GALETTO, L.; BERNARDELLO, G. Rewards in flowers – Nectar. In: DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. (Eds.) **Practical Pollination Biology**. Enviroquest, Ltd. Cambridge, Ontario, p. 261-313, 2005.

GALLETA, G. J. Pollen and seed management. In: MOORE, J. N.; JANICK, J. (eds.) **Methods in fruits breeding**. Purdue University press, Indiana, p. 23-47, 1983.

HOEKSTRA, F. A.; BRUINSMA, J. Respiration and vitality of binucleate and trinucleate pollen. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 34, p. 221-225, 1975.

KAJOBE, R. K. Botanical sources and sugar concentration of the nectar collected by two stingless bee species in a tropical African rain forest. **Apidologie**, Les Ulis, v. 38, p. 110-121, 2007.

KAUR, G.; NAGPAL, A. K. Pollen viability of some trees of North-Western Punjab, India. **International Journal of Applied and Natural Sciences**, Tamil Nadu, v. 2, p. 37-48, 2013.

KAWAI, Y.; KUDO, G. Effectiveness of buzz pollination in *Pedicularis chamissonis*: significance of multiple visits by bumblebees. **Ecological Research**, Dordrecht, v. 24, p. 215-223, 2009.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot: University Press of Colorado, 1993. 583 p.

KULLOLI, S. K.; RAMASUBBU, R.; SREEKALA, A. K.; PANDURANGAN, A. G. Cytochemical localization of stigma-surface esterase in three species of *Impatiens* (Balsaminaceae) of Western Ghats. **Asian Journal of Experimental Biological Sciences**, India, v. 1, p. 106-111, 2010.

LEME, E. M. C.; MARIGO, L. C. **Canistrum: Bromélias da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 1997, 108 p.

LENZI, M.; MATOS, J.Z.; ORTH, A.I. Morphological and reproductive variation of *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, p. 487-500, 2006.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 198-201, 2004.

MACHADO, C. G. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de catinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 26, p. 255-265, 2009.

MACHADO, C. G. The hummingbird community and the plants which they visit at a savannah in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 1578-1587, 2014.

MACHADO, C. G., COELHO, A. G., SANTANA, C. S.; RODRIGUES, M. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. **Revista Brasileira de Ornitologia**, Belém, v. 15, p. 267-279, 2007.

MACHADO, C. G.; ROCCA, M. Protocolos para o estudo de polinização por aves. In: VON MATTER, S.; STRAUBE, F.; CANDIDO JR, J.F.; PIACENTINI, V. E.; ACCORDI, I. (Org.). **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**. Editora Technical Books, v. 1, 1 ed., Rio de Janeiro. 2010.p. 473-489.

MACHADO, C. G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 163-174. 2006.

MARQUES, A. R.; LEMOS-FILHO, J. P. Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 22, p. 417-424, 2008.

MARQUES, J. S.; TAGLIATI, M. C.; FARIA, A. P. G. Diurnal versus nocturnal pollination success in *Billbergia horrida* Regel (Bromeliaceae) and the first record of chiropterophily for the genus. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 87, p. 835-8342, 2015.

MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (Eds), **Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**, Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. p. 213-250.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil** - 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 1100 p.

MATALLANA, G.; GODINHO, M. A. S.; GUILHERME, F. A. G.; BELISARIO, M.; COSER, T. S. WENDT, T. Breeding systems of Bromeliaceae species: Evolution of selfing in the context of sympatric occurrence. **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, v. 289, p. 57-65, 2010.

MAYER, C.; ADLER, L.; ARMBRUSTER, W. S.; DAFNI, A.; EARDLEY, C.; HUANG, S. Q.; POTTS, S. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. **Journal of Pollination Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 8-23, 2011.

MIONE, T.; ANDERSON, G. J. Pollen-ovule ratios and breeding system evolution in solanum section *Basarthrum* (Solanaceae). **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 79, p. 3, p. 279-287, 1992.

MORILLO, I.M.R.; MAY, F.C.; FERNÁNDEZ-CONCHA, G.C.; FILOGONIO, M.P. Reproductive biology of *Hechtia schottii*, a dioecious Bromeliaceae, in Mexico. **Revista de Biologia Tropical**, San Pedro, v. 56, p. 279-289, 2008.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A.A revised medium for a rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 15, p. 473-479, 1962.

NEGRELLE, R. R. B; MURARO, D. Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich Gaudich (Bromeliaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, p. 95-102, 2006.

NUNES-FREITAS, A. F.; ROCHA, C. F. D. Reproductive phenology and flower visitor's guild of *Canistropsis microps* (Bromeliaceae) in an Atlantic Rainforest of

south-eastern Brazilian. **Journal of Natural History**, London, v. 45, p. 1021-1034, 2011.

OLIVEIRA, M. S. P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 17, p. 343-353, 2003.

OROZCO-IBARROLA, O. A.; FLORES-HERNÁNDEZ, P.S.; VICTORIANO-ROMERO, E.; CORONA-LÓPEZ, A. M.; FLORES-PALACIOS, A. Are breeding system and florivory associated with the abundance of *Tillandsia* species (Bromeliaceae)? **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 177, p. 50-65, 2015.

PAGGI, G. M.; SILVEIRA, L. C. T.S.; ZANELLA, C. M.; BRUXEL, M.; BERED, F.; KALTCHUK-SANTOS, E.; PALMA-SILVA, C. Reproductive system and fitness of *Vriesea friburgensis*, a self-sterile bromeliad species. **Plant Species Biology**, Richmond, v. 28, p. 169-176, 2013.

PANNELL, J. R.; LABOUCHE, A. The incidence and selection of multiple mating in plants. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 368, p. 2012-2051, 2013.

PARTON, E.; VERVAEKE, R.; DELEN, B. R.; VANDENBUSSCHE, R.; DE PROFT, M. Viability and storage of bromeliad pollen. **Euphytica**, Wageningen, v. 125, p. 155-161, 2002.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry, theoretical and applied**. 2. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1972. 631 p.

RAMIREZ, N.; BRITO, Y. Reproductive of a tropical palm swamp community in the Venezuelan llanos. **American Journal of Botany**, New York, v.77, p. 1260-1271, 1990.

RECH, A. R.; ROSA, Y. B. C. J.; MANENTE-BALESTIERI, F. C. Aspects of the reproductive biology of *Brassavola cebolleta* Rchb. f. (Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, p. 335-341, 2010.

ROCHA-PESSÔA, T. C.; ROCHA, C. F. D. Reproductive cycle of *Pitcairnia flammea* Lindl. (Bromeliaceae/Pitcairnioideae) in an insular Atlantic rainforest area in southeastern Brazil. **Flora**, Freiburg, v. 203, p. 229-233, 2008.

SANTANA, C. S.; MACHADO, C. G. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 33, p. 469-477, 2010.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/Stat user's guide: statistics**. Version 9.2. 3. ed. Cary, NC, 2010.

SAZIMA, M.; BUZATO S.; SAZIMA, I. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic forest sites in Brazil. **Annals of Botany**, Oxford, v. 83, p. 705-712, 1999.

SCHMID, S.; SCHMID, V. S.; ZILLIKENS, A.; STEINER, J. Diversity of flower visitors and their role for pollination in the ornithophilous bromeliad *Vriesea friburgensis* in two different habitats in southern Brazil. **Ecotropica**, Ulm, v. 17, p. 91-102, 2011.

SCROK, G. J.; VARASSIN, I. G. Reproductive biology and pollination of *Aechmea distichantha* Lem. (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 25, p. 571-576, 2011.

SHIVANNA, K. R.; RANGASWAMY, N. S. **Pollen biology**. A laboratory manual. Berlin: Springer-Verlag, 1992. 119 p.

SIQUEIRA-FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.15, p. 427-444. 2001.

SOARES, T. L.; SILVA, S. O.; COSTA, M. A. P. C.; SANTOS-SEREJO, J. A.; SOUZA, A. S.; LINO, L. S. M.; SOUZA, E. H.; JESUS, O. N. *In vitro* germination and viability of pollen grains of banana diploids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 8, p. 111-118, 2008.

SOARES, T. L.; SOUZA, E. H.; ROSSI, M. L.; SOUZA, F. V. D. Morfologia e viabilidade de grãos de pólen de acessos silvestres de abacaxi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1744-1749, 2011.

SOARES, T. L.; SOUZA, E. H.; SAMPAIO, L. F. S.; COSTA, M. A. P. C.; SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A. Effect of collection time on the viability of banana pollen grains. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 14, p. 1207-1214, 2015.

SOUZA, E. H. **Reprodução e hibridação interespecífica e intergenérica em bromeliáceas com potencial ornamental**. 256 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SOUZA, E. H.; SOUZA, F. V. D.; ROSSI, M. L.; BRANCALLEÃO, N.; LEDO, C. A. S.; MARTINELLI, A. P. Viability, storage and ultrastructure analysis of *Aechmea bicolor* (Bromeliaceae) pollen grains, an endemic species to the Atlantic forest. **Euphytica**, Wageningen, v. 204, p. 13-28, 2015.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p.1209-1217, 2002.

TARDIVO, R. C.; CERVI, A. C. O gênero *Canistrum* E. Morren (Bromeliaceae) no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 12, p. 224-244, 1997.

TAYLOR, L. P.; HEPLER, P. K. Pollen germination and tube growth. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 48, p. 461-91. 1997.

TECHIO, V. H.; DAVIDE, I. C; PEDROZO, C. A.; PEREIRA, A. V. Viabilidade do grão de pólen de acessos de capim-elefante, milheto e híbridos interespecíficos (capim-elefante x milheto) **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Maringá, v. 28, p. 7-12, 2006.

TSCHAPKA, M. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower-visiting bats. **Journal of Zoology**, London, v. 263, p. 7-21, 2004.

VAUGHTON, G.; RAMSEY, M.; JOHNSON, S. D. Pollination and late-acting self-incompatibility in *Cyrtanthus breviflorus* (Amaryllidaceae): implications for seed production. **Annals of Botany**, London, v. 106, p. 547-555, 2010.

VERSIEUX, L. M.; VASCONCELLOS, N.; MARTINELLI, G.; WANDERLEY, M. G. L. *Alcantarea pataxoana* (Bromeliaceae), a New Species from Bahia, Brazil. **Systematic Botany**, Laramie, v. 37, p. 636-640, 2012.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Bahia: Bromeliaceae – *Alcantarea*. **Sitentibus**, Feira de Santana, v. 10, p. 147-151, 2010.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Two new species of *Alcantarea* (Bromeliaceae, Tillandsioideae) from Brazil. **Brittonia**, New York, v. 59, p. 57-64, 2007.

VOSGUERITCHIAN, S. B.; BUZATO, S. Sexual reproduction of *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) and plant-animal interaction. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 433-442, 2006.

WOLF, A. V.; BROWN, M. G.; PRENTISS, P. G. Concentratives properties of aqueous solutions: conversion tables. In: WEAST, R.C.; ASTLE, M.J. (Eds). **Handbook of chemistry and physics**. 60 ed. Florida: CRC Press, 1979, p. 227-270.

ZANELLA, C. M.; JANKE, A.; PALMA-SILVA, C.; KALTCHUK-SANTOS, E.; PINHEIRO, F. G.; PAGGI, G. M.; SOARES, L. E. S.; GOETZE, M.; BÜTTOW, M. V.; BERED, F. Genetics, evolution and conservation of Bromeliaceae. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 35, p.1020-1026, 2012.

ZEISLER, M. Über die abgrenzung des eigentlichen narbenfläche mit hilfe von reaktionen. **Beihefte zum Botanischen Centralblatt**, Jena, v. 58, p. 308-318, 1933.

ARTIGO 3

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FISIOLÓGICA DE PLANTAS DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT EM AFLORAMENTO ROCHOSO¹

¹Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Acta Botanica Brasílica.

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FISIOLÓGICA DE PLANTAS DE *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT EM AFLORAMENTO ROCHOSO

RESUMO: A maioria das espécies de bromélias apresenta uma morfologia e adaptações fisiológicas diversificadas (terrestre, epífita e rupestre), o que beneficia sua ocorrência em diferentes tipos de habitats, que implicará no modo de armazenar água e na absorção de nutrientes. O objetivo do trabalho foi realizar a caracterização morfológica, química e fisiológica de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em três áreas com diferentes altitudes em afloramento rochoso da Serra da Jiboia, município de Santa Teresinha, Bahia. Foram pré-selecionadas 30 plantas de cada altitude (alta, média e baixa encosta) e aplicados 25 descritores morfológicos, sendo 19 quantitativos e seis qualitativos, nos anos de 2012, 2013 e 2014. Foram determinados nas folhas os teores de macro e micronutrientes conforme metodologia específica para cada elemento, o teor relativo de água e carboidratos totais (sacarose e glicose). Para a caracterização fisiológica determinou-se a taxa fotossintética, transpiração, CO₂ interno, condutância estomática e RFA. A altitude e o período do ano influenciam diretamente na disponibilidade de água e conseqüentemente, no crescimento, desenvolvimento, florescimento e metabolismo da *A. nahoumii* e esta, apresenta estratégias de sobrevivência eficientes, evitando a perda excessiva de água em períodos secos. Plantas de alta encosta são maiores e florescem mais, pois armazenam mais água e maior composição química nas folhas. *Alcantarea nahoumii* apresenta um metabolismo compatível a C₃-CAM facultativa.

Palavras-chave: Bromeliaceae, rota fotossintética, relações hídricas, Mata Atlântica.

MORPHOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Alcantarea nahoumii* (LEME) J. R. GRANT IN ROCKY OUTCROP

ABSTRACT: Most bromeliaceae species presents a morphology and diverse physiological adaptations (terrestrial, epiphytic and rock), which benefits its occurrence in different types of habitats, which will result in a way of storing water and absorbing nutrients. This study aimed to assess morphological, chemical and physiological characterization of *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, in three areas with different altitudes on rocky outcrop of Serra da Jiboia, municipality of Santa Terezinha, Bahia. 30 plants were preselected from each altitude (high, medium and low slope) and 25 morphological descriptors were applied, 19 quantitative and six qualitative, over the years 2012, 2013 and 2014. Macro and micronutrients were determined in the leaves as specific methodology for each element, the relative water content and total carbohydrates (sucrose and glucose). For physiological characterization, the photosynthetic rate, transpiration, internal CO₂, stomata conductance and RFA were determined. The altitude and the time of year directly influence the availability of water and hence *A. nahoumii*'s, growth, development, flowering and metabolism and this presents efficient survival strategies, avoiding excessive water loss in dry periods. High slope plants are larger and bear more flowers, by storing more water and greater chemical composition of leaves. *Alcantarea nahoumii* shows a CAM metabolism.

Keywords: Bromeliaceae, photosynthetic pathway, water relations, Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

Das 3.352 espécies existentes de bromélias, mais de 40 % são encontradas no território brasileiro e 1.177 são consideradas endêmicas do Brasil (LUTHER, 2012; MARINELLI; MORAES, 2013; FORZZA et al., 2016).

Nas últimas décadas, o interesse pelas bromélias vem aumentando expressivamente (VERSIEUX; WENDT, 2007), principalmente pelas espécies com valor econômico, ornamental e industrial, além das de importância ecológica (GILBERT, 1980; BENZING, 2000; MANETTI et al., 2009).

Desde a década de 90, registra-se que várias espécies de bromélias estão ameaçadas, vulneráveis ou extintas (MARINELLI et al., 2013). *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant é uma espécie endêmica da Mata Atlântica, nativa da Serra da Jiboia, Monte da Pioneira, Santa Teresinha, Bahia e consta na lista de espécie “Vulnerável” à extinção (FORZZA et al., 2013; MARINELLI et al., 2013). A espécie pertence à subfamília Tillandsioideae, apresenta hábito rupícola, crescendo naturalmente sobre afloramentos rochosos ou em solos rasos e pedregosos, sendo exposta a alta luminosidade, podendo atingir até 3,5 metros de altura considerada uma espécie de crescimento intermediário (VERSIEUX; WANDERLEY, 2010).

O conhecimento da dinâmica fisiológica é indispensável para elaboração de estratégias de conservação e manejo de espécies. A maioria das espécies de bromélias apresenta uma morfologia e adaptações fisiológicas diversificadas, o que favorece sua ocorrência em diferentes tipos de habitats e formas de vida, por exemplo, terrestres, epífitas obrigatórias ou facultativas e rupícolas (BENZING, 2000; NIEVOLA et al., 2001), que implicará em diferentes maneiras no armazenamento de água e absorção de nutrientes. Essas formas diferenciadas de vida ressaltam a relevância de seu papel biológico, à medida que essas plantas criam nichos ecológicos em diversos patamares que tornam habitáveis, bem acima do solo (BENZING, 2000).

As diferenças no processo fotossintético, por exemplo, C₃ ou CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), apresentam alterações ao nível bioquímico. Além disso, a formação de populações em diferentes habitats, por exemplo, expostos em relação à sombra, floresta tropical, campos rupestres, área

costeira, de catinga ou cerrado, requer a integração dessas plantas adaptáveis a todos os níveis, seja, morfológico, bioquímico ou fisiológico (KLUGE; TING, 1978).

Plantas com metabolismo CAM são diferenciadas por garantir maior eficiência no uso da água. Esse desempenho fotossintético é particularmente comum entre as espécies epífitas, podendo estar relacionado com a disponibilidade de água (LÜTTGE, 2004). Dependendo das condições de temperatura, radiação e disponibilidade hídrica, plantas com metabolismo CAM podem suportar grandes amplitudes, podendo alternar entre o metabolismo fotossintético C₃, CAM ou C₃-CAM facultativa (TAYBI; CUSHMAN, 1999; CRAYN et al., 2004).

Estudos fisiológicos monitorando as trocas gasosas têm o potencial de identificar as respostas das plantas em relação ao seu ambiente (LEVITT, 1980, PARK, 2005; HAMLIN, 2014). Plantas com metabolismo fotossintético C₃ geralmente apresentam taxa fotossintética, transpiração e condutividade estomática alta durante o dia, enquanto plantas com metabolismo CAM apresentam números extremamente baixos ou zero para estas mesmas variáveis (TAIZ; ZIEGER, 2010). Recentemente, Jedmowska e Brüggemann (2015), observaram diferentes respostas da fluorescência da clorofila em relação às diferenças geográficas (altitude) na resistência ao estresse de temperatura na cevada.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização morfológica, química e fisiológica de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant em três áreas com diferentes altitudes em afloramento rochoso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado, na Serra da Jiboia, Monte da Pioneira, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, composta por montes de altitude e fragmento de Mata Atlântica variando de 748 m a 840 m e se estende no sentido Norte-Sul com uma crista de 26 km de comprimento. A localização geográfica da Serra da Jiboia situa-se em uma zona ecótona, com clima variando entre o tropical úmido, mais ao Sudeste e ao Leste, e o tropical semiúmido, mais ao Norte e a Oeste. A temperatura média anual é de 21°C com índice pluviométrico de 1.200 mm e 80% de umidade. A vegetação varia de Floresta Ombrofila Densa, Floresta Estacional Decidual à Caatinga arbórea com palmeiras, e no topo os campos rupestres (QUEIROZ et al., 1996).

Foram demarcadas 15 parcelas de 4 m² (2 x 2 m), arranjadas em curva de nível paralelas a trilha que dá acesso à população de *A. nahoumii*, com referenciamento de 5 em 5 m entre elas, subdivididas em três áreas de acordo com a altitude (alta encosta, media encosta e baixa encosta) (Tabela 1). As plantas amostradas de *A. nahoumii* foram escolhidas aleatoriamente dentro das parcelas.

Tabela 1. Populações de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant georreferenciadas conforme a altitude, ocorrentes na Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, 2012.

População	Localização	Altitude (m)
Alta encosta	12° 51' 12,59" S 39° 28' 34,20" W	818
Média encosta	12° 51' 10,73" S 39° 28' 37,30" W	784
Baixa encosta	12° 51' 09,75" S 39° 28' 39,86" W	754

Caracterização morfológica das plantas

De forma aleatória foram pré-selecionadas 30 plantas nas diferentes altitudes (alta, média e baixa encosta). Foram aplicados 25 descritores

morfológicos em três anos consecutivos (2012, 2013 e 2014), sendo 19 descritores quantitativos e seis qualitativos.

Os descritores foram adaptados a partir da lista de descritores de abacaxizeiros do "International Board for Plant Genetic Resources" (IBPGR, 1991) e de bromélias do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRAZIL, 2002) para melhor adequação aos objetivos do trabalho, conforme a seguir: altura da planta (cm), diâmetro da roseta (cm), comprimento da folha "D" (cm), largura da folha "D" (cm), diâmetro da copa (cm) habito da planta, variação da folha, cor da folha, presença de antocianina na fase vegetativa e reprodutiva, comprimento do escapo floral (cm), número de botões florais, número de flores, altura do primeiro nó da inflorescência (cm), comprimento da inflorescência (cm), diâmetro do escapo da inflorescência na parte mediana (cm), número de ráquis da inflorescência, número de brotações (rebentos) na planta mãe, comprimento de flor (cm), comprimento da pétala (cm), largura da pétala (cm), comprimento da sépala (cm), largura da sépala (cm), comprimento do pistilo (cm) e cor do escapo floral.

Foram calculadas as seguintes estatísticas descritivas para as variáveis quantitativas: média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, considerando todas as plantas avaliadas nas diferentes áreas. Para tal utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2010).

Composição química das folhas

Para a composição química das folhas foram coletadas no ano de 2014 aproximadamente 50 g de folhas em 30 plantas nas mesmas áreas descritas anteriormente (alta, média e baixa encosta). Foi determinado o teor de nitrogênio (N) através do método de Kjeldahl. Para fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), sódio (Na) e zinco (Zn), as amostras foram submetidas à digestão seca, sendo P e Na, analisados por fotometria de chama e os demais por Espectrometria de Absorção Atômica, conforme descrito por Silva et al. (2009). Para efetuar a quantificação de fósforo foi utilizada metodologia por colorimetria adaptada de Malavolta et al., (1997), descrita por Martins e Reissmann (2007).

Para o teor relativo de água, foram extraídos cinco discos com 1 cm² das porções foliares [parte em expansão - aclorofilada e parte crescida – clorofilada]. Os discos foram pesados quanto à massa fresca (MF), posteriormente imersos em água destilada por 24 horas para a obtenção da massa túrgida (MT) e depois secos em estufa a 65°C durante 48 horas para determinação da massa seca (MS). Foram aplicados à seguinte fórmula: Teor relativo de água (TRA) = (MF-MS) / (MT-MS) * 100 (WEATHERLEY, 1950). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 2 X 3 X 3 (duas partes da folha X três áreas com diferentes altitudes X três períodos de avaliação).

A determinação do nível de carboidratos (glicose e sacarose) foi realizada pelo método de antrona de acordo com metodologia de Morris (1948) e Yemm e Willis (1954), descrito por Passos (1996). A extração alcoólica de açúcares foi realizada com 1 g do material fresco da parte aclorofilada e resfriada em gelo, sendo macerada em gral de porcelana frio com 20 mL de etanol 95 %. Posteriormente, o material foi colocado em tubos de Falcon (50 mL) e centrifugados em escala total por 15 minutos. Foi feita uma separação do sobrenadante e do sedimento (partes A e B, respectivamente). Na camada do sedimento foram adicionados 15 mL de etanol 80 % e aquecido até o ponto de ebulição, voltando para a centrífuga por mais 15 minutos. Os sobrenadantes das partes A e B foram combinados e foram adicionados 15 mL de clorofórmio para purificar o extrato, e adquirido por meio de um funil de separação. A partir desse extrato foi determinada glicose e sacarose. Para glicose foi determinada uma curva padrão com as concentrações 0 (branco), 0, 025, 0, 050, 0,10, 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 g L⁻¹. Cada extrato foi pipetado 1 mL em tubos de ensaio, resfriados e mantidos em gelo, após adicionado 5 mL do reagente antrona. Os tubos foram tampados e submetidos a banho-maria por 10 minutos, após esse tempo, os tubos foram resfriados e mantido em temperatura ambiente e realizado a leitura em espectrofotômetro modelo SP- 2100. UV, a 625 nm.

Para a determinação da concentração de sacarose, foi preparada uma curva padrão com as concentrações de 0 (branco), 0, 025, 0, 050, 0,10, 0,25, 0,50, 0,75, 1,0, 1,50, 2,00, 5,00 e 10,00 g L⁻¹. Cada amostra foi reduzida em banho-maria para, aproximadamente, 0,1 mL. Foram adicionados 0,1 mL de KOH 30 % e mantidas a 100° C por 10 minutos. Os tubos de ensaio contendo as amostras

foram resfriados e adicionados 3 mL do reagente antrona, posteriormente foram mantidos a uma temperatura de 40 °C por 15 minutos para a realização da leitura em espectrofotômetro modelo SP- 2100. UV, a 625 nm. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2010).

Caracterização fisiológica

Das 30 plantas selecionadas nas etapas anteriores, foram escolhidas aleatoriamente, cinco plantas de cada área para as diferentes caracterizações fisiológicas em três períodos de avaliação (chuvoso - julho, intermediário – setembro e seco - dezembro) de 2014.

As taxas de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática foram realizadas com um sistema portátil de medidas de fotossíntese (IRGA, - LCpro+ – Modelo ADC, Hoddesdon, UK), essas variáveis foram medidas durante os horários entre 9:00h e 12:00 h, utilizando folhas completamente expandidas e expostas ao sol em duas estações do ano (período chuvoso e seco). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para tal utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva das plantas de *A. nahoumii* evidenciou diferença significativas para a maioria das variáveis estudadas nas diferentes altitudes, com uma grande amplitude e dados e coeficientes de variação (Tabela 2). A altura média das plantas e comprimento da folha “D” decresceu à medida que diminuía a altitude nos três anos de avaliação (Tabela 2). As demais variáveis como diâmetro da roseta, largura da folha e diâmetro da copa não apresentaram grande variação entre as áreas e nos três anos de avaliação. Segundo Silva et al. (2014) a variação de altitude pode influenciar diretamente no crescimento e desenvolvimento de determinadas espécies.

Em relação à caracterização das inflorescências e flores verificou-se também uma grande heterogeneidade na distribuição dos dados em relação aos anos de avaliação e diferentes altitudes. Em 2012 não houve florescimento em nenhuma planta das parcelas amostradas. Em 2013 foi verificada 27 plantas florescidas na alta encosta e 15 plantas da média encosta. Em 2014, todas as áreas estudadas apresentaram plantas com florescimento, sendo a alta encosta bem superior (42 plantas) as demais áreas. Esse fenômeno pode estar relacionado com alguns fatores abióticos, como água, temperatura e altitude.

Alcantarea nahoumii apresenta hábito aberto, folhas verde-claro sem variação na fase vegetativa (Figura 1a). Na maioria das plantas foi observada a presença de antocianina a partir da diferenciação da fase vegetativa para a fase reprodutiva, com diferentes gradientes de coloração (Figura 1b-d), porém, também se observou poucas plantas diferenciadas e sem nenhuma ou pouca presença de antocianina (Figura 1c-e). Vale ressaltar, que todas as plantas comparadas estavam nas mesmas condições de luminosidade e altitude. A presença de antocianina ocorre apenas nas folhas centrais com tons variando de vermelho a vermelho-arroxeadado. As antocianinas são pigmentos pertencentes ao grupo dos flavonóides, que comumente são responsáveis pela grande abundância de cores de frutas e tem por função de proteger contra os raios UV (luz ultravioleta) e conseqüentemente diminuem a temperatura na folha (BELOTTO et al., 2014). Essa coloração diferenciada pode servir também como um atrativo para insetos e pássaros e promover a polinização, bem como, a dispersão de sementes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em bromélias, estudos relacionados com antocianinas demonstram prováveis potenciais farmacológicos como efeitos antiinflamatórios, anti-úlcerais, antioxidantes, cardioprotetoras, no controle de infecções oftalmológicas, redução no nível de colesterol e triglicérides entre outras (MANETTI et al., 2009; GUEDES, 2004).

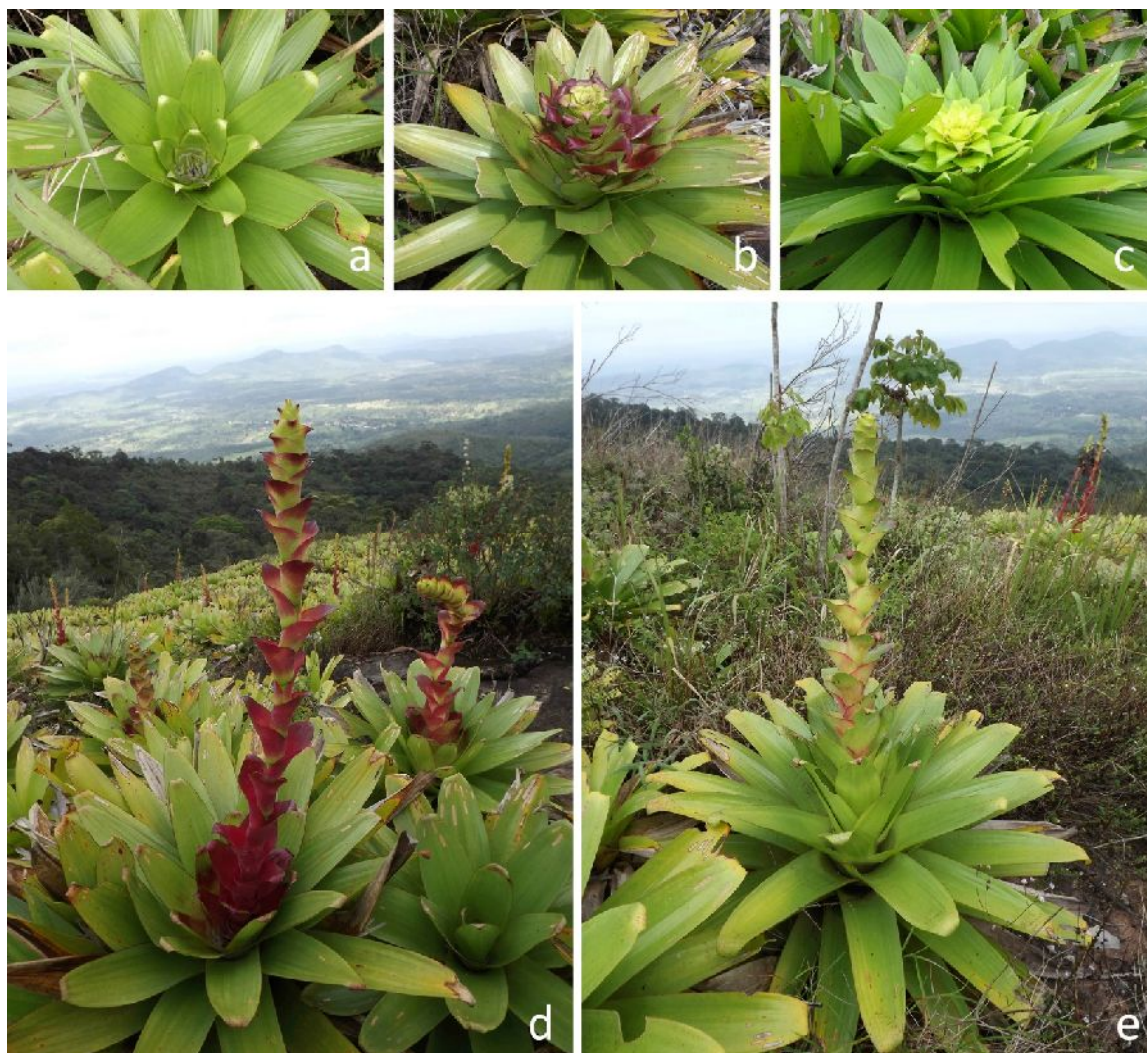


Figura 1. Plantas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant em diferentes fases. a) Planta em fase vegetativa. b-c) Planta em início da fase reprodutiva evidenciando a presença (b) e ausência (c) de antocianina nas folhas centrais. d-e) Início da inflorescência evidenciando a presença (d) e ausência (e) de antocianina nas brácteas florais. Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2014.

Tabela 2. Caracterização das plantas na fase de vegetativa de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant nas diferentes altitudes. Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2012, 2013 e 2014.

Características	Alta encosta					Média encosta					Baixa encosta				
	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)
2012															
Altura da planta (cm)	78,3	110,0	50,0	14,8	18,9	65,0	100,0	40,0	13,5	20,7	62,5	91,0	40,0	11,1	17,8
Diâmetro da roseta (cm)	21,6	36,0	15,0	4,9	22,8	21,7	35,0	11,0	5,5	25,1	24,0	42,0	14,0	5,6	23,2
Largura da folha "D" (cm)	11,4	14,0	10,0	1,2	10,9	10,9	13,0	9,0	1,2	11,5	11,8	15,0	10,0	1,1	9,6
Comprimento da folha "D" (cm)	56,0	82,0	42,0	10,5	18,4	45,2	65,0	33,0	9,2	20,2	44,2	62,0	30,0	7,6	17,1
Diâmetro da copa (cm)	77,3	110,0	50,0	15,6	20,1	68,7	97,0	40,0	15,8	23,1	71,8	90,0	40,0	12,2	17,0
2013															
Altura da planta (cm)	82,6	112,0	63,0	12,7	15,3	68,5	101,0	40,0	14,8	21,6	64,3	91,0	43,0	11,0	17,1
Diâmetro da roseta (cm)	23,7	36,5	15,0	5,6	23,5	21,3	30,0	11,0	4,3	20,1	24,9	42,0	15,0	5,2	20,9
Largura da folha "D" (cm)	11,5	14,0	10,0	1,1	10,0	11,0	13,0	9,0	1,2	10,9	11,6	14,0	10,0	1,1	9,4
Comprimento da folha "D" (cm)	56,2	82,0	42,0	10,8	19,3	47,1	82,0	33,0	10,2	21,8	43,1	62,0	33,0	6,3	14,6
Diâmetro da copa (cm)	77,3	155,0	51,0	21,1	27,3	69,7	110,0	40,0	15,7	22,5	71,9	96,0	60,0	6,9	9,6
2014															
Altura da planta (cm)	87,6	112,0	71,0	9,7	11,1	71,0	101,0	43,0	13,6	19,2	65,4	91,0	52,0	9,9	15,2
Diâmetro da roseta (cm)	24,8	37,5	18,0	4,9	19,9	23,0	30,0	13,0	3,7	16,1	25,1	42,0	18,0	4,9	19,6
Largura da folha "D" (cm)	11,5	14,0	10,0	1,1	10,0	11,0	13,0	9,0	1,2	10,9	11,6	14,0	10,0	1,1	9,4
Comprimento da folha "D" (cm)	57,0	82,0	42,0	10,8	19,3	48,0	82,0	33,0	10,0	20,7	43,2	62,0	35,0	6,1	13,7
Diâmetro da copa (cm)	77,6	155,0	51,0	21,1	27,3	69,7	110,0	40,0	15,7	22,5	71,9	96,0	60,0	6,9	9,6
Habito da planta	Aberto					Aberto					Aberto				
Variagem da folha	Ausente					Ausente					Ausente				
Cor da folha	Verde-claro					Verde-claro					Verde-claro				
Antocianina na fase vegetativa	Ausente					Ausente					Ausente				
Antocianina na fase reprodutiva	Variando de ausente a presente					Variando de ausente a presente					-				

Méd = média; Máx = máximo; Mín = mínimo; S = desvio padrão e CV (%) = coeficiente de variação.

Tabela 3. Caracterização das inflorescências e flores de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, nas diferentes altitudes. Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2013 e 2014.

Características	Alta encosta					Média encosta					Baixa encosta				
	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)	Méd	Máx	Mín	S	CV(%)
2013															
Comp. do escapo floral (cm)	172,85	240,00	135,00	23,05	13,34	151,67	200,00	85,00	33,77	22,27	-	-	-	-	-
Número de botões	195,70	312,00	34,00	81,97	41,88	160,13	308,00	30,00	90,97	56,81	-	-	-	-	-
Número de flores	66,59	230,00	11,00	58,12	87,27	84,40	228,00	17,00	57,77	68,45	-	-	-	-	-
Altura do 1º nó da inflores. (cm)	109,52	150,00	84,00	14,54	13,28	97,00	121,00	55,00	19,35	19,94	-	-	-	-	-
Comprimento da inflores. (cm)	63,33	96,00	30,00	16,47	26,00	54,67	88,00	30,00	21,63	39,56	-	-	-	-	-
Diâmetro do escapo floral (cm)	13,21	20,00	8,00	3,11	23,56	10,87	15,00	8,00	2,42	22,24	-	-	-	-	-
Número de ráquis	11,67	22,00	2,00	5,12	43,90	8,47	13,00	2,00	3,31	39,14	-	-	-	-	-
Número de brot. após floresc.	1,26	3,00	0,00	0,94	74,99	0,60	2,00	0,00	0,63	105,41	-	-	-	-	-
Comprimento da flor (cm)	7,97	9,40	4,20	1,20	15,10	8,26	9,00	6,80	0,73	8,86	-	-	-	-	-
Comprimento da pétala (cm)	7,79	8,90	6,10	0,88	11,28	7,82	8,90	6,10	0,79	10,05	-	-	-	-	-
Largura da pétala (cm)	0,59	0,80	0,40	0,11	18,68	0,59	0,80	0,40	0,10	17,41	-	-	-	-	-
Comprimento da sépala (cm)	4,54	5,50	2,80	0,68	14,95	4,68	5,50	2,80	0,71	15,11	-	-	-	-	-
Largura da sépala (cm)	3,25	3,60	2,50	0,34	10,51	3,43	3,70	3,20	0,17	4,88	-	-	-	-	-
Comprimento do pistilo (cm)	7,80	9,00	4,00	1,17	15,06	7,76	9,00	4,00	1,28	16,47	-	-	-	-	-
Cor do escapo floral	Variando de Amarelo, Laranja e Vermelho														
Número de indivíduos	27					15					0				
2014															
Comp. do escapo floral (cm)	172,57	240,00	135,00	21,35	12,37	156,68	200,00	85,00	30,35	19,37	139,4	191,0	85,0	39,0	28,0
Número de botões	196,74	312,00	34,00	80,67	41,00	166,50	308,00	30,00	86,60	52,01	89,8	156,0	45,0	32,2	35,9
Número de flores	58,46	230,00	11,00	47,28	80,88	71,77	228,00	17,00	52,84	73,62	39,6	82,0	17,0	20,4	51,6
Altura do 1º nó da inflores. (cm)	109,20	150,00	84,00	13,19	12,08	100,18	121,00	55,00	17,66	17,63	91,4	121,0	60,0	22,8	24,9
Comprimento da inflores. (cm)	63,37	96,00	30,00	15,91	25,11	56,50	88,00	30,00	18,80	33,27	49,0	75,0	25,0	16,6	33,9
Diâmetro do escapo floral (cm)	13,14	20,00	8,00	3,11	23,70	11,23	16,00	8,00	2,62	23,31	12,3	16,0	8,0	2,7	22,0
Número de ráquis	11,67	22,00	2,00	5,03	43,12	9,23	15,00	2,00	3,24	35,07	7,9	12,0	3,0	2,8	35,0
Número de brot. após floresc.	1,20	3,00	0,00	0,96	80,07	0,55	2,00	0,00	0,60	109,23	0,4	1,0	0,0	0,5	129,1
Comprimento da flor (cm)	7,96	9,40	4,20	1,26	15,86	8,40	9,40	6,80	0,70	8,29	8,3	9,4	6,8	0,9	11,2
Comprimento da pétala (cm)	7,62	8,90	4,10	1,28	16,78	7,79	8,90	5,20	1,05	13,51	7,7	8,9	4,1	1,4	18,3
Largura da pétala (cm)	0,60	0,80	0,40	0,11	19,15	0,62	0,76	0,47	0,09	13,93	0,6	0,7	0,4	0,1	17,3
Comprimento da sépala (cm)	4,53	5,50	2,80	0,69	15,33	4,70	5,50	3,50	0,61	12,94	4,5	5,5	2,8	0,8	17,5
Largura da sépala (cm)	3,32	3,70	2,70	0,28	8,42	3,03	3,60	2,50	0,38	12,52	3,3	3,6	2,8	0,2	7,2
Comprimento do pistilo (cm)	7,78	9,00	4,00	1,23	15,85	7,99	9,00	5,80	0,94	11,77	7,8	8,8	4,0	1,4	18,4
Cor do escapo floral	Variando de Amarelo, Laranja e Vermelho														
Número de indivíduos	42					10					8				

Méd = média; Máx = máximo; Mín = mínimo; S = desvio padrão e CV (%) = coeficiente de variação.

Composição química das folhas

As plantas de *A. nahoumii* apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) para a quantificação dos macronutrientes, nas três altitudes avaliadas, com exceção do fósforo e do magnésio (Tabela 4). Observou-se uma redução na concentração de nitrogênio, potássio e cálcio em baixa altitude, sendo as áreas de alta encosta com valores superiores.

As folhas apresentaram uma média de $0,090 \text{ g kg}^{-1}$ de N, valor este, considerado baixo, já que o nitrogênio é um dos macronutrientes essenciais para o desenvolvimento e produção de massa para a planta, além de contribuir para a capacidade fotossintética, pois grande parte do nitrogênio das folhas está alocado nas proteínas envolvidas no processo fotossintético (ANDRADE; DEMATTÊ, 1999).

Para Santos et al. (2012), as bromélias exibem adaptações específicas e dependem do seu hábito de crescimento para aumentar a eficiência na absorção e assimilação de nitrogênio.

O fósforo é um importante elemento para as membranas celulares, nucleotídeos do ATP (adenosina trifosfato) e dos ácidos nucleicos, ainda estimula o crescimento da planta, a formação das raízes em estágio de mudas e auxilia na formação das sementes (BENZING; RENFROW, 1974).

O potássio realiza importante função na regulação osmótica das células e é necessário para a ativação de enzimas relacionada a respiração e na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2010). O cálcio é constituinte das paredes celulares e é utilizado durante a divisão celular, exercendo um papel de precursor auxiliar em várias respostas da planta (TAIZ; ZEIGER, 2010). Já o magnésio (Mg) é um macroelemento que constitui a molécula de clorofila (FRANCO, 2004).

Outras bromélias da subfamília Tillandsioideae [*Catopsis berteroniana* (Schult. & Schult.) Mez, *C. floribunda* (Brongn.) L. B. Sm., *Guzmania lingulata* Mez, *G. monostachia* (L.) Rusby ex Mez, *Tillandsia anceps* Lodd. e *Vriesea splendens* (Brongn.) Lem.], apresentaram teores de nitrogênio superior a *A. nahoumii*, com variação de $0,54$ a $1,37 \text{ g kg}^{-1}$ (SANTOS et al., 2012).

Tabela 4. Macronutrientes (g Kg^{-1}) presentes nas folhas de *Alcantarea nanoumii* (Leme) J. R. Grant, em três diferentes altitudes sob afloramento rochoso. Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2014.

Áreas	Nitrogênio	Fósforo	g Kg ⁻¹		
			Potássio	Cálcio	Magnésio
Alta encosta (818 m)	0,0912 a	0,0434 a	0,7905 a	1,5002 a	0,1026 a
Média encosta (784 m)	0,0909 a	0,0374 a	0,5518 b	1,1191 b	0,1037 a
Baixa encosta (754 m)	0,0896 b	0,0378 a	0,6063 b	0,6062 c	0,1044 a
Média	0,0905 **	0,03955 ^{ns}	0,6489 **	1,0574 **	0,1036 ^{ns}
CV(%)	1,16	29,81	17,09	34,94	13,17

**p < 0,01. ^{ns} Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,01).

Entre os micronutrientes estudados das folhas de *A. nahoumii* nas diferentes altitudes, verificou-se diferença significativa (P<0,05) apenas para cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Os demais micronutrientes (ferro - Fe e sódio - Na) não foram significativos em relação à altitude (Tabela 5).

Tabela 5. Micronutrientes (mg Kg^{-1}) presentes nas folhas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em diferentes altitudes sob afloramento rochoso. Santa Teresinha, Bahia, Brasil, 2014.

Áreas	Cobre	Ferro	mg Kg ⁻¹		
			Manganês	Sódio	Zinco
Alta encosta (818 m)	0,6285 a	12,7437 a	34,0746 c	16,9244 a	14,9480 a
Média encosta (784 m)	0,5401 b	13,4934 a	59,1387 b	16,0755 a	12,8400 b
Baixa encosta (754 m)	0,4630 c	16,1950 a	83,1240 a	14,9092 a	4,1158 c
Média	0,5409 **	14,2269 ^{ns}	59,6774 **	15,9080 ^{ns}	10,3727 **
CV (%)	28,41	44,74	44,10	28,25	35,06

**p < 0,01. ^{ns} Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,01).

A deficiência de qualquer micronutriente pode ocasionar problemas fisiológicos no crescimento e desenvolvimento das plantas, refletindo diretamente na qualidade e quantidade da produção, principalmente pelo fato de estarem presentes nas enzimas ou atuarem como seus ativadores dentro da estrutura da planta (FRANCO, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2010).

Alcantarea nahoumii apresentou um elevado teor de sódio com média 15,908 mg kg⁻¹, independente da altitude. O sódio é um elemento promotor para a regeneração do fosfoenolpiruvato (PEP) nas plantas com metabolismo CAM (BENZING; RENFROW, 1974).

Estudos sobre a nutrição das bromélias ainda é insipiente, entretanto, alguns destaques indicam a possibilidade de haver uma absorção preferencial do nitrogênio na porção basal e a assimilação desse nutriente na porção apical foliar (TAKAHASHI et al., 2007), resultado este não verificado neste trabalho, pois foi utilizada amostragem a folha inteira.

Caracterização fisiológica

Foram observadas diferenças significativas com interação tripla entre às diferentes altitudes, partes da folha e o período do ano no que se refere ao teor relativo de água (TRA) das folhas de *A. nahoumii* (Tabela 6).

Tabela 6. Teor relativo de água (%) na porção em crescimento (parte aclorofilada) e porção expandida de folhas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em função da altitude (alta, média e baixa encosta) e o período do ano (chuvoso, intermediário e seco) no afloramento rochoso da Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia Brasil, 2015.

Áreas	Chuvoso		Intermediário		Seco	
	Cresc.	Expan.	Cresc.	Expan.	Cresc.	Expan.
Alta encosta	88,38aA	89,11aA	85,68 aA	65,70 aB	83,92 aA	60,60 aB
Média encosta	80,22 bA	68,09 bB	78,04 bA	56,52 bB	73,02 bA	55,11 aB
Baixa encosta	76,55 bA	62,04 bB	76,86 bA	54,32 bB	76,75 bA	56,65 aB
CV (%)	6,35					

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha dentro de um mesmo fator não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,01$).

As plantas da alta encosta, independente do período do ano e parte da folha apresentou valores significativamente superiores às demais regiões, com exceção da parte expandida no período seco. De maneira geral, a parte da folha em expansão (aclorofilada) apresentou um maior teor relativo de água em relação à parte crescida, com exceção da alta encosta no período chuvoso, apresentando

os maiores valores com uma média de 88,74 %. Em relação aos períodos do ano, o período chuvoso foi que apresentou maior teor relativo de água em relação aos demais.

Freschi et al. (2010) e Pereira et al. (2013) descrevem que áreas foliares em crescimento (aclorofilada ou basal) são mais responsivas ao déficit hídrico que as áreas foliares já crescidas ou expandidas, resultado que corrobora aos encontrados no presente trabalho. Esse maior teor relativo de água pode estar relacionado também ao acúmulo de água nas axilas foliares, característico de bromélias “tanque”. Martinelli (1997) relata que alguns indivíduos de *Alcanterea* podem armazenar até 40 litros de água nas suas axilas e são responsáveis pela manutenção nos períodos chuvosos e nutrição das plantas, pois, acumulam matéria orgânica. Segundo Cogliatti-Carvalho et al. (2010), as bromélias “tanques” acumulam água e é proporcional as condições climáticas e ao ambiente onde se encontram.

Rocha et al. (2004) cita que a água armazenada nas axilas foliares formam um micro habitat úmido e nutritivo conhecido como fitotelmo e é também responsável por manter o metabolismo da planta.

Entre o período intermediário e seco não houve diferença significativa para o teor relativo de água independente da altitude. Tal resultado sugere que as plantas na parte superior da encosta não sofrem com tanto déficit hídrico o que pode ter ocasionado um maior florescimento. É conhecido que o estresse hídrico é o fator que mais afeta o crescimento, desenvolvimento e florescimento das plantas. Portanto, estas desenvolvem estruturas de armazenamento e processos fisiológicos para a absorção e economias de água para a sua sobrevivência, como no caso das bromélias “tanque”.

Benzing (2000) relatou que a água acumulada nas axilas das bromélias “tanques” (fitotelmo) são também fonte de nutrientes e está sujeita a uma maior ou menor concentração de nutrientes. Observações visuais durante a coleta de dados evidenciou uma água gelatinosa e com grande concentração de matéria orgânica. Embora, não exista na literatura referência sobre a composição desta água, a diminuição do volume de água armazenada, determinada visualmente, certamente aumentará a concentração de qualquer componente, o que afetará o seu potencial hídrico e conseqüentemente podendo dificultar sua absorção. Outro

fator que pode influenciar no teor relativo de água é a inclinação da encosta, pois na alta encosta a inclinação é menos íngreme e aumenta gradativamente para a parte mais baixa, afetando diretamente o tempo de permanência da água nas rosetas foliares.

Com relação às trocas gasosas, pode ser observado que as plantas apresentaram um resultado significativo e semelhante ao teor relativo de água. No período chuvoso foi constatada atividade para todo aparato fotossintético. Sendo significativamente diferente para as plantas da alta, média e baixa encosta, apenas para a fotossíntese, transpiração e condutância estomática (Figura 2). No período seco, as plantas de *A. nahoumii* apresentaram pouca ou nenhuma atividade fotossintética. A concentração de CO₂ interno, expressa pela a variável C_i foi semelhante para todas as plantas independentemente da posição na encosta e do período em estudo.

Para Cushman e Borland (2002), esse comportamento pode ser um mecanismo de alteração do metabolismo C₃ para CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), essas plantas que apresentam essa característica fotossintética e são nomeadas de CAM facultativas, que pode estar relacionado com a restrição hídrica. Outros fatores também podem influenciar nessa alternância, como o estágio de desenvolvimento da planta (ADAMS et al., 1998), fatores abióticos como salinidade (VERNON et al., 2006), luminosidade (MAXWELL et al., 1994) e temperatura (FRESCHI et al., 2009).

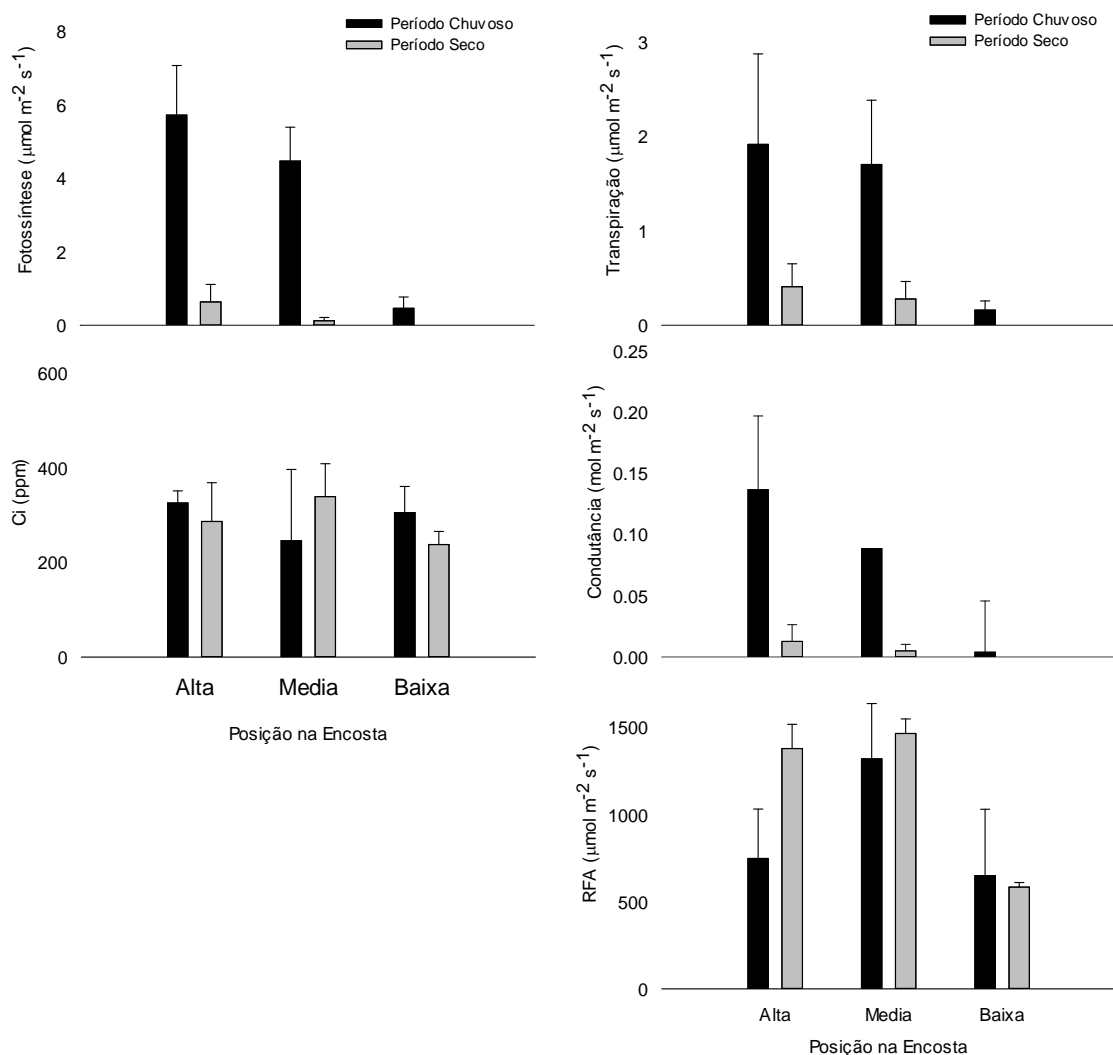


Figura 2. Trocas gasosas das plantas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em diferentes altitudes (alta, média e baixa encosta) e o período do ano (chuvoso e seco) no afloramento rochoso da Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia Brasil, 2015.

Com relação à disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa, observou-se uma variação de acordo com a localização das plantas na encosta, que provavelmente pode ter sido, uma variação temporária da nebulosidade durante as amostragens das plantas. Durante o período chuvoso, o comportamento de alta nebulosidade nessa região já era esperado.

Estudos bioquímicos indicaram que a quantidade de sacarose, durante o período seco, foi superior para as plantas da alta encosta e da média encosta

(2,72 e 2,63 g L⁻¹) em comparação a baixa encosta (1,09g L⁻¹) (Figura 3). Em reação ao teor de glicose as plantas também obtiveram resultados semelhantes com 0,497 g L⁻¹ para alta encosta, 0,339 g L⁻¹ e 0,282 g L⁻¹ para a baixa encosta. A sacarose é o carboidrato mais abundante e comum às plantas, devido ser estruturalmente estável e solúvel em água (TAIZ; ZEIGER, 2010).

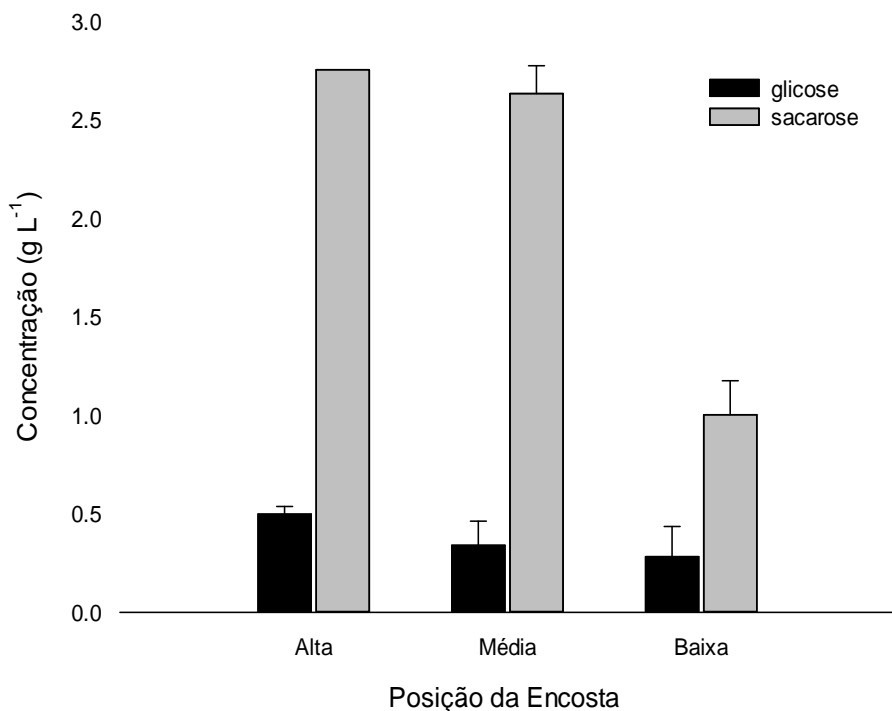


Figura 3. Teor de carboidrato nas folhas de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J. R. Grant, em função da altitude (alta, média e baixa encosta) do afloramento rochoso da Serra da Jiboia, Santa Teresinha, Bahia Brasil, 2015.

Com tudo, estes resultados reforçam a notável complexidade fisiológica de plantas *A. nahoumii* e destacam a importância de novos estudos relacionados à fluorescência e genética, em função das diferentes altitudes em que as plantas são encontradas.

CONCLUSÕES

Alcantarea nahoumii apresenta habito aberto, folhas verde-claro sem variegação na fase vegetativa.

A altitude e o período do ano influenciam diretamente na disponibilidade de água e conseqüentemente, no crescimento, florescimento e metabolismo da *Alcantarea nahoumii*.

Plantas de alta encosta são maiores e florescem mais, pois possuem mais água e maior composição química nas folhas.

Alcantarea nahoumii apresenta um metabolismo compatível ao CAM.

REFERÊNCIAS

ADAMS P.; NELSON D. E.; YAMADA S.; CHMARA W.; JENSEN R. G.; BOHNERT H. J.; GRIFFITHS H. Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae). **New Phytologist**, Oxford, v. 138, p. 171-190, 1998.

ANDRADE, F. S. A.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Estudo sobre produção e comercialização de bromélias nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 5, p. 97-110, 1999.

BELOTTO, E.M.; SOUZA-LEAL, T.; PARALUPPI, A.L.; FURTADO, A.L.F.F.; GASPI, F.O.G.; PEDROSO-DE-MORARES, C..Caracterização anatômica, histoquímica e de classes de metabólitos secundários de folhas de *Guzmania lingulata* (L.) Mez. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.16, p. 127-134. 2014.

BENZING, D. H. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptative Radiation**. Cambridge, United Kingdon: Cambridge University Press, 2000. 690 p.

BENZING, D. H.; RENFROW, A. The mineral nutrition of the Bromeliaceae. **Botanical gazette**, Chicago, v. 135, p. 281-288, 1974.

BRAZIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2002. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/formularios-protecao-cultivares>. Acesso em: Junho, 2014.

COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T. C.; NUNES-FREITAS, A. F.; ROCHA, C. F. D. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 24, p. 84-95, 2010.

CRAYN, D.M.; WINTER, K.; SMITH, A.C. Multiple origins of crassulacean acid metabolism and the epiphytic habit in the Neotropical family Bromeliaceae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.101, p.3703-3708, 2004.

CUSHMAN J. C.; BORLAND A. M. Induction of crassulacean acid metabolism by water limitation, **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 25, p. 295-310, 2002.

FORZZA, F. C.; COSTA, A. F.; LEME, E. M. C.; VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L.; LOUZADA, R. B.; MONTEIRO, R. F.; JUDICE, D. M.; FERNANDES, E. P.; BORGES, R. A. X.; PENEDO, T. S. A.; MONTEIRO, N. P.; MPRAES, M. A. Bromeliaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. pp. 315-396.

FORZZA, R. C.; COSTA, A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A.; MARTINELLI, G.; MONTEIRO, R. F.; SANTOS-SILVA, F.; SARAIVA, D. P.; PAIXÃO-SOUZA, B.; LOUZADA, R. B.; VERSIEUX, L. Bromeliaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB66>> Acesso em: Janeiro, 2016.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2004. 307 p.

FRESCHI L.; NIEVOLA C. C.; RODRIGUES M. A.; DOMINGUES D. S.; SLUYS M. A. V.; MERCIER H. Thermoperiod affects the diurnal cycle of nitrate reductase expression and activity in pineapple plants by modulating endogenous levels of cytokinins. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 137, p. 201-212, 2009.

FRESCHI, L.; TAKAHASHI, C. A.; CAMBUI, C. A.; SEMPREBOM, T. R.; CRUZ, A. B.; MIOTO, T. P.; VERSIEUX, L. M.; CALVENTE, A.; LATANSIO-AIDAR, S. R.; AIDAR, M. P. M.; MERCIER, H. Specific leaf areas of the tank bromeliad

Guzmania monostachia perform distinct functions in response to water shortage. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 167, p. 526-533, 2010.

GILBERT, L. E. Food web organization and the conservation of Neotropical diversity. In: SOULE, M. E.; WICOX, B.A. (Eds.). **Conservation Biology: an evolutionary perspective**. Massachusetts: Sinauer Press, 1980. pp. 11-33.

GUEDES, M. C. Antocianinas: pigmento natural ou remédio? **Revista Científica do IMAPES**, Sorocaba, v. 2, p. 71- 74, 2004.

HAMLIN, G. J. **Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology**. 3^o Ed., Cambridge: Cambridge University Press. 2014, 407 p.

IBPGR (Internacional Board for Plant Genetic Resources) (Comps.). **Descriptors for pineapple**. Rome, 1991. 41.

JEDMOWSKI, C.; BRÜGGEMANN, W. Imaging of fast chlorophyll fluorescence induction curve (OJIP) parameters, applied in a screening study with wild barley (*Hordeum spontaneum*) genotypes under heat stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Lausanne, v.151, p.153-160, 2015.

KLUGE, M.; TING, I. P. **Crassulacean acid metabolism: analysis of an ecological adaptation**. Berlin: Springer-Verlag, 1978, 212 p.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press New York, 1980, 607 p.

LUTHER. H. E. **An alphabetical list of Bromeliad binomials**. 13. ed. Sarasota, FL: The Marie Selby Botanical Gardens; The Bromeliad Society International, 2012.

LÜTTGE, U. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, p. 629-652, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANETTI, L. M.; DELAPORTE, R. H.; LAVERDE, A. Metabólitos Secundários da família Bromeliaceae. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, p.1885-1897, 2009.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil** - 1. ed. - Rio de Janeiro, Centro Nacional da conservação da flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 1100p.

MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA,, H.C.; GUEDES-BRUNI, R. R.. (Eds.) **Serra de Macaé de Cima**: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. p 213-250.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, p. 1-17, 2007.

MAXWELL, C.; GRIFFITHS, H.; YOUNG, A. J. Photosynthetic acclimation to light regime and water stress by the C3-CAM epiphyte *Guzmania monostachia*: gas-exchange characteristics, photochemical efficiency and the xanthophylls cycle. **Functional Ecology**, Oxford, v. 8, p. 746–754, 1994.

MORRIS, D. L. Quantitative determination os carbohydrates with Derwood's anthrone reagent, **Science**, New York, v. 5, p.254-255, 1948.

NIEVOLA, C. C.; MERCIER, H.; MAJEROWICZ, N. Levels of nitrogen assimilation in bromeliads with different growth habitats. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, p.1387-1398, 2001.

PARK N. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**, 3 rd, New York: Elsiwer Acedemic Press, 2005. 567 p.

PASSOS, L. P. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1996, 223 p.

PEREIRA, P. N., PURGATTO, E., MERCIER, H. Spatial division of phosphoenolpyruvate carboxylase and nitrate reductase activity and its regulation by cytokinins in CAM-induced leaves of *Guzmania monostachia* (Bromeliaceae). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 12, p. 1067-1074, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação: um substituto vantajoso do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular técnica, 178).

ROCHA, C.F.D.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; DIAS, A.S.; ARIANI, C.V.; MORGADO, L.N. Conservando uma larga porção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. **Vidália**, Viçosa, v. 2, p. 52-72, 2004.

SANTOS, F. H. S.; ALMEIDA, E. F. A.; FRAZÃO, J. E. M; SANTOS, A. C. P. Nutrição nitrogenada de bromélias. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 18, p. 39-46, 2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/Stat user s guide: statistics**. Version 9.1. 3. ed. Cary, NC, 2010.

SILVA, C. R. A.; LEITE, K. R. B.; FERREIRA, L. M. D. S. L; SILVA, M. S.; SILVA, L. B. Influência da altitude na plasticidade foliar de *Clusia obdeltifolia* Bittrich (Clusiaceae). **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 23, p. 29-48, 2014.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2010. 782 p.

TAKAHASHI, C. A.; CECCANTINI, G. C. T.; MERCIER, H. Diferencial capacity of nitrogen assimilation between apical and basal leaf portions of a tank epiphytic

bromeliad. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos de Goytacazes, v. 19, p. 119-126, 2007.

TAYBI, T.; CUSHMAN, J. C. Signaling events leading to crassulacean acid metabolism induction in the common ice plant. **Plant Physiology**, Rockville, v. 12, p. 545–555, 1999.

VERNON D. M. OSTREM J. A. BOHNERT H. J. Stress perception and response in a facultative halophyte: the regulation of salinity-induced genes in *Mesembryanthemum crystallinum*. **Plant, Cell and Environment**, New York, v.16, p. 437-444, 2006.

VERSIEUX, L. M.; WENDT, T. Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 16, p. 2989-3009, 2007.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Bahia: Bromeliaceae – *Alcantarea*. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 10, p. 147-151, 2010.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, Oxford, v. 49, p. 81-87, 1950.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Mata Atlântica atualmente encontra-se em pequenos fragmentos, com elevados níveis de perturbações causadas principalmente pela ação antrópicas, o que vem expondo inúmeras espécies ao risco de extinção. O extrativismo predatório e as mudanças climáticas podem potencializar a perda de biodiversidade em algumas regiões. Com o aquecimento global, a frequência de eventos pode afetar a distribuição de chuvas, que pode ocasionar longos períodos de seca, e conseqüentemente o aumento de riscos de incêndio.

Sendo um dos principais centros de diversidade e de endemismo da família Bromeliaceae, a Mata Atlântica possui um total de 653 espécies. Segundo as listas oficiais, 54 espécies estão incluídas na categoria de 'Criticamente em Perigo', 89 em 'Perigo', 182 'Vulneráveis' e 17 'Raras'. Além desses números, três espécies de bromélias foram indicadas na revisão da lista brasileira, como extintas na natureza: *Cryptanthus fosterianus* L. B. Sm., *Neoregelia binotii* (Antoine) L.B. Smith e *Nidularium utriculosum* Ule. É provável que este número esteja subestimado devido ao pouco conhecimento do real estado de conservação das populações de Bromeliaceae em ambientes naturais.

Os resultados obtidos neste estudo possibilitaram o conhecimento sobre a distribuição espacial da espécie, bem como a identificação de outras espécies que convivem em associação com a *Alcantarea nahoumii*. Com o estudo da biologia floral e reprodutiva, permitiu conhecer o sistema reprodutivo e seus possíveis polinizadores, além das informações sobre os aspectos fisiológicos que são de grande importância para conhecimento do seu metabolismo. Estes resultados contribuirão para aumentar o conhecimento sobre às formas de reprodução e aos mecanismos de polinização destas espécies que é considerada endêmica e vulnerável, bem como para futuros estudos relacionados à programas de conservação dos recursos genéticos e/ou estratégias de propagação para produção racional de mudas e assim minimizar o extrativismo da *A. nahoumii* na Serra da Jiboia.

Outros resultados, como a presença de antocianinas observadas nas folhas, sugerem-se, estudos mais aprofundados para identificar e quantificar esses compostos e de outras substâncias possíveis com potencial farmacológico.

Com a fragmentação da vegetação da Serra da Jiboia, as frequentes queimadas e o extrativismo ilegal da *Alcantarea nahoumii* para abastecer as feiras a beira de rodovias, vem tornando a espécie mais vulnerável ao risco de extinção. A criação de Políticas Públicas se faz necessário para tornar a Serra da Jiboia em uma APA (Área de Proteção Ambiental) e também a conscientização por meio da educação ambiental, tanto para as comunidades próximas da serra como para os visitantes que faz da serra ponto turístico.