



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

DALVA NETA E ZANINA

**QUEM POLINIZA *Cereus jamacaru*?**

FORTALEZA

2013

DALVA NETA E ZANINA

**QUEM POLINIZA *Cereus jamacaru*?**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia Terrestre.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas /UFC

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

Z35q

Zanina, Dalva Neta e .

Quem poliniza cereus jamacaru ? / Dalva Neta e Zanina. – 2013.  
40 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2013.

Área de Concentração: Ecologia.

Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

1. Cacto. 2. Polinização. 3. Biologia floral. I. Título.

---

CDD 577

DALVA NETA E ZANINA

**QUEM POLINIZA *Cereus jamacaru*?**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia Terrestre.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas /UFC

Aprovação. 26 /02 /2013

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Christian Westerkamp

Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Diva Correia

EMBRAPA

A Christian Westerkamp

## **Agradecimentos**

À minha família pelo apoio e motivação fundamentais nessa trajetória repleta de dificuldades e limitações. Agradeço por entenderem o papel da ciência na minha vida e sempre se colocarem com sentenças de amor e estímulo. Pai, mãe, Gustavo e Abraão, por vocês eu sou mais forte.

Ao Breno Magalhães Freitas, pela orientação, confiança e disponibilidade em resolver qualquer problema burocrático.

Ao Christian Westerkamp que com toda sua paciência me ensinou que não é possível escrever sobre o que não consegue falar. Não é possível falar sobre o que não se entende. E nunca entenderá se não acreditar que é capaz e organizar as ideias.

Aos moradores da fazenda Não Me deixes em especial Jonas, Nina, Seu Manoel e Dona Alzenir. Pessoas tão amáveis e solidárias que me apresentaram a fazenda. Ofereceram a própria casa como laboratório e ponto de apoio além de ter uma sopa de feijão bem quentinha para o intervalo de coleta ou noites de chuva.

Ao Galba pelo companheirismo, paciência, ajuda nas coletas com fotos lindas e conversas intermináveis sobre o andamento diário do trabalho. Aos amigos Carol, Raiana, Alípio pelo carinho, e sugestões. À Ana Paula, pela amabilidade e revisão do texto.

Ao prof. Boris Schlumpberger pela discussão extensa quanto à síndrome e morfologia floral. Ao Marcelo Telles pelas idéias e sugestões. A Diva Correia pela disposição em compor a banca, correção do manuscrito e sugestões.

Aos professores e alunos do programa que contribuíram com discussões e sugestões seja em sala de aula ou durante o almoço no RU. Em especial Carla Rezende.

À Universidade Federal do Ceará pelo curso de pós-graduação e á CAPES-REUNI pela bolsa concedida durante todo o curso.

Para entrar em estado de árvore é preciso  
partir de um torpor animal de lagarto às  
3 horas da tarde, no mês de agosto.

Em 2 anos a inércia e o mato vão crescer  
em nossa boca.

Sofreremos alguma decomposição lírica até o  
mato sair na voz .

Hoje eu desenho o cheiro das árvores.

Manuel Barros

## Resumo

A cactácea *Cereus jamacaru* DC é uma espécie emblemática para o nordeste brasileiro. Tem se desenvolvido muitos estudos e usos da planta, mas não se tem estabelecido qual o polinizador em áreas de distribuição natural. O objetivo do trabalho foi identificar qual o polinizador mais efetivo para forma e função da flor de *C. jamacaru*. A coleta de dados foi feita em um fragmento de Caatinga onde foram coletados dados sobre fenologia, morfologia e biologia floral além de busca por visitantes. Foram contados 695 botões, 175 flores e 21 frutos. O mandacaru apresenta floração do tipo *multiple bang*. As flores são hermafroditas, protândricas, de simetria dorsoventral esternotribica. O hipanto é cônico 6,5 cm de comprimento, 3 cm diâmetro na abertura e 0,6 cm na base. A câmara nectarífera é formada pela base dos estames e possui a abertura com uma espécie de fechadura pelo estilete. De acordo com indícios morfológicos ao comparar a polinização feita por morcegos e mariposas observou-se a grande maioria dos argumentos a favor de quiropterofilia. Simulamos visitas por *Glossophaga soricina* e obtivemos perfeita compatibilidade, porém não observamos visita de nenhum animal com encaixe perfeito. O visitante que mais se aproximou do comportamento polinizador foi *Xylocopa* sp, uma abelha de grande porte. Provavelmente esta abelha foi a responsável pela formação dos poucos frutos.

**Palavras-chave:** Cactaceae, síndrome de polinização, biologia floral, *Xylocopa*, *Glossophaga soricina*, esfingídeo.

## Abstract

The *Cereus jamacaru* DC cactus is an important species for the Brazilian Northeast. Has developed many studies and uses of the plant, but has not been established which pollinator in areas of natural distribution. The aim was to identify the most effective pollinator for form and function *C. jamacaru* flower. Data collection was done in a fragment of Caatinga where we collected data on phenology, morphology and floral biology beyond search visitors. Fruits were numbered 695 young flowers, 175 flowers and 21 fruits. The cactus flowering displays multiple bang type. The flowers are hermaphrodite. The hypanthium is tapered 6.5 cm length, 3 cm in diameter and 0.6 cm opening in the base. The nectariferous chamber is formed by the base of the stamens and has the opening with some kind of lock by the stylus. According to the morphological evidence comparing pollination by bats and moths observed most of the arguments in favor of chiropterophily. We simulate visits per *Glossophaga soricina* and got perfect compatibility, however we did not observe any animals visit with optimal fit. The visitor who came closest pollinator behavior was *Xylocopa* sp, a large bee. Probably this bee was responsible for the formation of the few fruits.

**Keywords:** Cactaceae, breeding system, floral biology, *Xylocopa*, *Glossophaga soricina*, sphingide.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CAPITULO 1: INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
1.1	INTRODUÇÃO .....	9
1.2	<i>Cereus jamacaru</i> (Mandacaru) .....	11
	REFERÊNCIAS .....	14
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2: QUEM POLINIZA <i>Cereus jamacaru</i>? .....</b>	<b>16</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	16
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
2.3	RESULTADOS.....	
2.3.1	Fenologia .....	20
2.3.2	Flor.....	
2.3.2.1	<i>Construção geral</i> .....	20
2.3.2.2	<i>Hipanto</i> .....	21
2.3.2.3	<i>Tépalas</i> .....	22
2.3.2.4	<i>Androceu</i> .....	23
2.3.2.5	<i>Câmara de néctar</i> .....	23
2.3.2.6	<i>Gineceu</i> .....	25
2.3.3	Função da flor .....	25
2.3.4	Visitantes .....	26
2.4	DISCUSSÃO .....	27
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
	REFERÊNCIAS .....	35
	APÊNDICE .....	38

# 1 CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

## 1.1 INTRODUÇÃO

A polinização é o primeiro de uma série de processos que conduzem à reprodução sexual das plantas com flores. Em sentido estrito, o termo polinização se refere à transferência de pólen do órgão sexual masculino ao feminino, seja em plantas angiospermas ou gimnospermas. Segundo Knight *et al.* (2005) a maioria das plantas com flores depende de animais para polinização e reprodução sexuada. A relação planta-polinizador é ecologicamente importante na estruturação de comunidades. Tal interação pode influenciar na distribuição espacial, riqueza e abundância de espécies, bem como na estrutura trófica e fenodinâmica.

O conceito de síndrome de polinização cunhado por Vogel em 1954, remete a um conjunto de características que quando ocorrem na mesma flor normalmente estão relacionadas com um visitante específico. É importante ressaltar que os termos são cunhados sob a perspectiva da flor (FAEGRI & PIJIL, 1976).

A visão tradicional sustenta que sistemas de polinização tendem à especialização. Estudos mais recentes observaram que muitas flores são visitadas por numerosas espécies de polinizadores generalistas (WASER *et al.*, 1996; MAYFIELD *et al.*, 2001). Porém são contrapostos por Muchhala (2003), Machado & Lopes (2004), Sturman *et al.* (2004) tem relatado que frequentemente a comunidade converge em detrimento à guilda de polinizadores presentes.

Para que uma espécie animal qualquer, possa ser classificada como polinizadora é preciso que seja atraída pelas flores. Que possua tamanho e comportamento adequado para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas. Que transporte em seu corpo quantidades de pólen viável e compatível e visite as flores quando os estigmas ainda apresentam receptividade e antes do início da degeneração dos óvulos (FREE, 1993; FREITAS & PAXTON, 1996; BAWA *et al.*, 1985; MACHADO & LOPES, 2004). Ainda é preciso cautela para não incluir como polinizadoras espécies exóticas e visitantes casuais.

A família Cactaceae é interessante para estudo de interação flor-polinizador por colonizar diversos habitats, se adaptar a diversas guildas de polinizadores e ter dados filogenéticos sólidos. É exclusivamente zoófila com exemplos de polinização bimodal, especialista e generalista (SCHLUMPBERGER, 2012). Segundo Guiulietti *et al.* (2002)

Cactaceae é a segunda maior família em número de espécies endêmicas do domínio das Caatingas e ainda apresenta muitas lacunas no conhecimento dos sistemas reprodutivos de suas espécies.

A maioria das flores de cactáceas tem tépalas e anteras livres, ovário ínfero e antese noturna. A novidade evolutiva do grupo é a fusão dos órgãos florais modificados em câmara nectarífera. Ainda não se sabe ao certo qual a função evolutiva desses órgãos modificados, mas já se chama de *key innovation* (SCHLUMPBERGER, 2012).

Há registros de cactos polinizados por besouros, abelhas, borboletas, mariposas, beija-flores e morcegos (LOCATELLI & MACHADO, 1999). Os principais polinizadores de flores de antese noturnas são morcegos e mariposas. As características morfológicas são inevitavelmente influenciadas pelos visitantes, combinadas com as características biológicas, como a longevidade floral e a dinâmica de produção do néctar (ASHMAN, 2004; GALETTO *et al.*, 1997). Em contrapartida, a biologia floral pode afetar a frequência e o período de visitação dos animais antófilos (GALETTO & BERNARDELLO, 2004; GRINDELAND & SLETVOLD, 2005). Desse ajuste de pressões seletivas é formado o que denominamos síndromes florais como quiropterofilia e esfingofilia.

Flores quiropterófilas têm o morcego como polinizador mais efetivo. Apresentam antese noturna, coloração pálida, flores localizadas em ramos, troncos ou em hastes longas (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979). Forma tubular ou radialmente simétrica, muitas vezes do tipo pincel, produtoras de quantidades relativamente grandes de néctar rico em hexose. Exalam odor de fermentação ou de frutas, ou cheiro azedo normalmente com presença de enxofre (KNUDSEN & TOLLSTEN, 2008).

Dentre as mariposas, aquelas pertencentes à família Sphingidae (esfingídeos) são consideradas polinizadoras efetivas de inúmeras espécies de plantas com antese crepuscular. Flores esfingófilas interagem prioritariamente com mariposas. As flores normalmente são brancas, com aroma adocicado, e antese após o por do sol. Apresentam flores do tipo *stieltler* ou pincel, com tubo de vários centímetros que separa o néctar e pólen/estigma (WESTERKAMP, 2011). As grandes mariposas, não entram nas flores, mas pairam a frente delas, inserindo a probóscide no tubo floral. O estigma é contaminado com o pólen que cai no ato do desenrolamento da probóscide, e dá-se a polinização.

A grande questão é que esfingídeos também visitam flores quiropterófilas cujas características podem ser semelhantes (LOCATELLI & MACHADO, 1999). Nesses casos indicar quem é o polinizador e quem é um visitante casual requer detalhes precisos da biologia floral discriminando forma e função da flor combinados à morfologia e comportamento dos “candidatos”.

## 1.2 *Cereus jamacaru* DC (Mandacaru)

O mandacaru foi descrita pela primeira vez por Augustin- Pyrame de Candolle (DC) em 1828. É classificada na família Cactacea subfamília Cactoidae tribo Cereae. A família é composta por 25 gêneros e o gênero *Cereus* Mill é divididos em quatro subgêneros dos quais dois (*Cereus e Mirabella*) ocorrem no nordeste brasileiro com 49 espécies (TAYLOR & ZAPPI, 2004; THE PLANT LIST, 2010).

Trata-se de uma planta terrestre, de hábito arbóreo, com relatos de epifitismo eventual (MENESES *et a.*, 2011). Pode ser encontrada naturalmente nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Maranhão, de Minas Gerais e Rio de Janeiro. De acordo com esta distribuição se enquadra como endêmica do Brasil (TAYLOR *et al.*, 2013; THE PLANT LIST, 2010)

Classificada como cactácea colunar *C. jamacaru* pode chegar a 18 m de altura. Desenvolve caule multiarticulado, com ramificações irregulares, podendo formar uma copa. Cada ramificação mede cerca de 35 cm de diâmetro e apresenta entre 6 e 8 costelas com cc. De 3,5 cm de altura. Os ramos mais jovens apresentam coloração verde claro e os velhos tendem ao castanho passando por um estágio verde azulado. As folhas são modificadas em espinhos que ficam aglomerados nas aréolas. Cada agrupamento tem entre 15 e 20 espinhos amarelados, divididos em radiais e centrais, podem atingir 10 cm de comprimento (TAYLOR & ZAPPI, 2002; 2004).

Lima (1996) afirma que o mandacaru desenvolve-se nas regiões mais secas em solos rasos e pedregosos. Se multiplica de forma sexuada e assexuada com distribuição continua por extensas áreas de caatinga. Essa é uma característica que contribui para o status de espécie mais popular do nordeste brasileiro.

A Caatinga é classificada como a pastagem com maior diversidade de árvores e arbustos do mundo (ALBUQUERQUE, 1999). Em meio a tantas espécies os agricultores encontraram no mandacaru as propriedades adequadas para usá-lo como planta forrageira,

ornamental, medicinal, além do uso como matéria prima de construção, rituais religiosos e outros que a imaginação permitir (ANDRADE, 2008).

O mandacaru, entre outras cactáceas nativas da caatinga tem sido utilizado nos períodos de seca prolongada, como um dos principais suportes forrageiros dos ruminantes (SILVA *et al.*, 2005). Na seca, agricultores cortam o mandacaru e queimam seus espinhos para alimentar seus rebanhos de caprinos, ovinos e bovinos (ALBUQUERQUE, 1999). Para o gado o uso justifica-se pela capacidade de armazenar grande quantidade de água (cerca de 15%). A quantidade de proteína bruta chega a mais de 10% e o resíduo mineral a 10,66% dos quais 0,22% são em  $P_2O_5$  e 5,61% em CaO (BRAGA, 1960). O caule mucilaginoso ainda pode ser usado como ingrediente na fabricação de adobe e técnicas de permacultura.

Seu potencial ornamental tem sido reconhecido numa variedade de mandacaru sem espinhos descoberto vegetando espontaneamente no Estado do Ceará. Como o crescente envasamento e cultivo em jardins espera-se o surgimento de problemas fitopatológicos como já evidenciados por Freire (2009). No caso da domesticação e reprodução de espécie em casas de vegetação é fundamental o manejo da adubação, substrato e fornecimento de água (CAVALCANTE & REZENDE, 2007).

O uso medicinal popular e muito pouco difundido, diz se que as raízes e o caule são diuréticos e melhoram males do coração. Toda a planta é usada no combate ao escorbuto e nas afecções do aparelho respiratório – bronquites, tosse catarro (SCHEINVAR, 1985). As raízes são utilizadas nas doenças respiratórias renais e como diuréticas (AGRA *et al.*, 2007 ; 2008). Dentre as substâncias químicas identificadas no mandacaru está a tiramina, e cardiotônica (DAVET *et. al.*, 2009).

O fruto não é muito apreciado *in natura* por ser pouco adocicado e mucilaginoso, porém há experimentos que visam fabricação de doces, geleias e fermentado alcoólico (SILVA & ALVES, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2010 ). A taxa proteica e atividade bacteriana são outros focos de pesquisa sobre o fruto do mandacaru.

Conhecer especialmente a polinização de *C jamacaru* se faz necessário porque apesar da possibilidade de ser uma espécie esfingófila não há publicações conclusivas. Esta informação suportada por dados referentes à biologia floral dará suporte para estudos sobre reprodução e manejo de uma espécie amplamente explorada pela população.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, M. J. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Rev. Bras. Farmacogn.**, v.17, p.114-140, 2007.
- ANDRADE, C.T.S. **Cactos úteis na Bahia: Ênfase no Semiárido**, Pelotas: USEB, p. 125, 2008.
- ALBUQUERQUE, S. G. Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the Semi -Arid Northeast, Brazil. **J. of Rang. Managemet.**, Denver, v. 48, n.3, p.502-510, 1999.
- ASHMAN, T. Flower Longevity. p. 349-362. In.\_\_\_\_ **Plant Cell Death Processes**. Elsevier Academic Press, pp. 392, 2004.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. ESAM, Fortaleza, p. 540, 1960.
- BRAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical lowland forest trees. II. Pollination systems. **Am. J. Bot.** v. 2, p. 346-456, 1985.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento do mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum). **Ver. Caating.**, v. 19, n. 3, p. 255 -260, 2006.
- DAVET, A.; VIRTUOSO, S.; DIAS, J. F. G.; MIGUEL, M. D.; OLIVEIRA, A. B.; MIGUEL, O. G. Atividade antibacteriana de *Cereus jamacaru* DC, Cactaceae. **Rev. Bras. de Farm.**, v. 19, p. 561-564, abr./jun. 2009.
- FÆGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**, 3 ed., Oxford, Pergamon, p. 244, 1979.
- FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. 2 ed., Londres - Reino Unido, Academic Press, p. 684, 1993.
- FREIRE, F.C.O. Patógenos associados ao mandacaru (*Cereus jamacaru* DC) no estado do Ceará. **Comunicado técnico on line**, n 148, ISSN 1679-6535, Fortaleza, 2009.
- GALETTO, L.; BERNARDELLO, G.; RIVERA, G. Nectar, nectaries, flower visitors, and breeding system in some Argentinean Orchidaceae. **J. of Plan. Resear.**, v. 110, p. 393-403, 1997.
- GALETTO, L.; FIONI, A.; CALVIÑO, A. Éxito reproductivo y calidad de los frutos en poblaciones del extremo sur de la distribución de *Ipomoea purpúrea* (Convolvulaceae). **Darwiniana**. v. 40, n. 1-4, p. 25-32, 2002.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGENA, A. L. & FIGUEIREDO, M. A. Plantas endêmicas da caatinga. In.\_\_\_\_ **Vegetação e flora das caatingas**, 1 ed., Recife, APNE / CNIP, p.103-115 2002.

- GRINDELAND, J. M.; SLETVOLD, N.; IMS, R. A. Effects of floral display size and plant density on pollinator visitation rate in a natural population of *Digitalis purpurea*. **Functional Ecol.**, v. 19, p. 383–390, 2005.
- KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; ASHMAN, T. A. Quantitative synthesis of pollen supplementation experiments highlights the contribution of resource reallocation to estimates of pollen limitation. **Am. J. of Bot.**, v. 93, n. 2, p. 271–277, 2006.
- KNUDSEN, J. T.; TOLLSTEN L. Floral scent in bat-pollinated plants: a case of convergent evolution. **Bot. J. Linn. Soc.**, v. 119, p. 45–57, 1995.
- LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas** - usos e potencialidades. 1 ed., Petrolina, Embrapa-PATSA/PNE/RBG-KEW, p. 44, 1996.
- LOCATELLI, E. & MACHADO, I. C. S. Floral biology of *Cereus fernambucensis*: a sphingophilous cactus of restinga. **Bradleya**, v. 17, p. 86–94, 1999.
- MACHADO, I. C. & LOPES, A.V. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **An. of Bot.**, v. 94, 365-376, 2004.
- MAYFFIELD, M. M.; WASER, N. & PRINCE, M. Exploring the most effective pollinator principle with complex flowers: bumblebees and *Ipomopsis aggregate*. **An. of Bot.**, v. 88, p. 591-596, 2001
- MENEZES, M. O. T.; TAYLOR, N. O.; MACHADO, M.; COELHO, P. J. A. & CORREIA, C. Diversity and distribution of Cactaceae in Ceará state, North-eastern Brasil. **Bradleya**, v. 29, p. 13-42, 2001.
- MUCHHALA, N. Exploring the boundary between pollination syndromes: bats and hummingbirds as pollinators of *Burmeistera cyclostigmata* and *B. tenuiflora* (Campanulaceae). **Oec.**, v. 134, p. 373–380, 2003.
- OLIVEIRA, A. S. O.; SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; SILVA, F. L. H.; FLORENTINO, E. R. Produção de fermentado alcoólico do fruto de mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru*). **Rev. Bras. de Prod. Agroin.**, Campina Grande, v. 13, p. 269-275, 2011.
- SCHEINVAR, L. Cactáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, 1 ed, Itajaí, 1985.
- SCHLUMBERGER, B.O. A survey on pollination modes in cacti and a potential key innovation. In: **Evolution of plant-pollinator relationships**. Cambridge, University Press, Cambridge, p. 300-319, 2012.
- SILVA, J. G. M.; LIMA, G. F. C.; PAZ, L. G. Utilização de cactáceas nativas *Cereus jamacaru* (DC). e *Pilosocereus gounellei* (A. Weber) associadas à silagem de sorgo na alimentação de bovinos no Seridó Norte-rio-Grandense. **Dissertação de mestrado em Zootecnia**, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, p.88, 1998.
- SILVA, J. G. M.; SILVA, D. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, G. F. C.; MELO, A. A. S.; DINIZ, M. C. N. M. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl.) em

substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Rev. BraS. de Zoot.**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.1408-1417, 2005.

SILVA, L. R. & ALVES, R. E. Avaliação da composição físico-química de frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru*). **Acta Agronom.**, v. 58, n. 4, p. 245-250, 2009.

STUURMAN, J.; HOBALLAH, M. E.; BROGER, L.; MOORE, J.; BEASTEN, C. & KUHLEMEIER, C. Dissection of floral pollination syndromes in *Petunia*. **Genet.**, v. 168, p. 1585-1599, 2004.

TAYLOR, N.; MACHADO, M.; ZAPPI, D.; SANTOS, M. R. *Cactaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1447>)

TAYLOR, N. P. & ZAPPI, D. Distribuição das espécies de Cactaceae na caatinga. In. \_\_\_ **Vegetação e flora das caatingas**. 1 ed., Recife, APNE / CNIP, p.123-125, 2002.

TAYLOR, N. P. & ZAPPI, D. C. Cacti of eastern Brazil. **Roy. Bot. Gard.**, Kew, 2004.

THE PLANT LIST. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January). 2010.

VOGEL, S. **Blutenbiologische Typen als Elemente der Sippengliederung**. Gustav Fischer, Jena, 338. 1954.

WASER, D. M.; CHITTKA, L.; PRINCE, M. V.; WILLIAMS, N. M. & OLLERTON, J. Generalization in pollination systems, and why it matters. **Ecolog.**, v. 77, p. 1043-1060, 1996.

WESTERKAMP, C. **Plantas com flores: forma e função**. *no prelo*. p. 132, 2011.

ZAPPI, D. C. *Pilosocereus* (Cactaceae). The genus in Brazil. **Succ. Pl. Res.**, v. 3, p. 1-160, 1994.

## 2 CAPÍTULO 2 QUEM POLINIZA *Cereus jamacaru*?

### 2.1. INTRODUÇÃO

Cactaceae é uma família de atualmente 1433 espécies (HUNT *et al.*, 2006). A família é quase que inteiramente distribuída no Novo Mundo, apenas *Rhipsalis baccata* ocorre também no Velho Mundo (COTA-SÁNCHEZ & BOMFIM-PATRÍCIO, 2010). As espécies dessa família podem ser reconhecidas por apresentarem folhas reduzidas a espinhos e caule carnoso (WEBERLING, 1981).

O gênero *Cereus* tem 53 espécies aceitas (THE PLANT LIST, 2010). O subgênero *Cereus* pode ser caracterizado por cactáceas colunares com flores tubulares, hermafroditas, de antese noturna, perianto branco e odor peculiar compatível a síndrome de polinização por mariposas e morcegos (ZAPPI, 1994).

*Cereus jamacaru* DC, o mandacaru, é uma planta emblemática do semiárido do nordeste brasileiro. Fora do amplo uso como ornamental também serve como suplemento alimentar do gado em estações muito secas (SILVA, 1998; GUEDES *et al.*, 2009). Estudos recentes apontam o uso do mandacaru como matéria prima para remédio, bebidas e até construção civil (ANDRADE, 2008).

As flores dessa família apresentam órgãos florais fundidos em hipanto que estrutura a câmara de polinização e a câmara nectarífera. A profundidade e abertura das câmaras estão intimamente ligadas com o polinizador que segundo Schlumpberger (2012) podem ser abelhas, aves, morcegos e mariposas (Sphingidae). Entre os polinizadores de flores desta família.

Nas espécies do gênero *Cereus* que florescem durante a noite, mariposas e morcegos foram estudados mais profundamente. Estudos realizados em território nacional indicam polinização por morcegos em flores de *C. peruvianos* e *C. fernambucensis* (SILVA & SAZIMA, 1995; LOCATELLI *et al.*, 1999) e polinização por morcegos em *Pilosocereus catingicola*, (LOCATELLI *et al.*, 1997).

O único relato de visita observado em *Cereus jamacaru* foi a pequena *Manduca sexta cestri* (syn. *Proparce sexta* var. *cestri*, *Sphinx cestri*; Sphingidae) no Jardim Botânico de Santiago do Chile, (PORSCH, 1939). Segundo Porsch as flores deixadas abertas a noite inteira

e ensacadas na manhã seguinte antes da chegada de abelhas deram frutos. Pairando no ar, a mariposa teria acesso ao néctar e se contaminaria com pólen do mandacaru que seria colocado nos estigmas das próximas flores.

Um ponto fraco desse relato é que *C. jamacaru* está naturalmente distribuído apenas no nordeste e sudeste do Brasil. Outro é que as flores não foram acompanhadas durante a antese o que dá margem para que os frutos sejam resultado de outras visitas.

É uma tendência comum se referir a mutualismo na relação polinizador planta, sem a devida preocupação de que não basta visitar a planta; é preciso estar no horário propício, tocar as regiões reprodutivas e estabelecer uma relação de frequência (THOMPSON, 2003). O conceito de mutualismo mudou ao longo da história e, atualmente, entende-se que sejam relações de exploração que provêm benefícios aos interagentes (RECH & BRITO, 2012).

Na área nativa, nada se sabe sobre possíveis polinizadores. Para isso, observamos a espécie em Quixadá, sertão cearense em busca do polinizador mais efetivo para forma e função da flor de *C. jamacaru*.

## 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As observações foram realizadas em um fragmento de Savana Estépica localizado na fazenda Não Me Deixes, distrito de Daniel de Queiroz, a 20 km de Quixadá, Ceará, Brasil. Acompanhamos uma população distribuída em raio de 50 m cujo ponto central pode ser indicado pelas coordenadas 4° 48' 54,1"S – 38° 58' 8,8"W, elevado a 224m de altitude.

O clima é tropical quente semiárido. A temperatura média anual é de 26,6 °C. A pluviometria no ano de 2012 foi de 359,8 mm enquanto a média histórica para região é de 753,5 mm (INMET, 2013). As chuvas foram distribuídas entre os meses de janeiro a junho. Fevereiro e março concentraram 67,4% de toda a precipitação do ano. Este foi o ano mais seco desde 1998, com 226 mm (INMET, 2013). Vale ressaltar que a variação média de temperatura ao longo do dia é de 6°C atinge 31°C às 9:00 h e 25° C às 21:00 h (observação pessoal) (FIGURA 1a, 1b).



FIGURA 1 – Fazenda Não Me Deixes-CE. Mesma área de estudo no período seco(a) e chuvoso(b).

Os dados sobre biologia floral e fenologia foram coletados entre janeiro a março de 2012 e em janeiro de 2013. A população estudada possui 63 indivíduos. Destes 25 foram observados para informações sobre fenologia e desenvolvimento da antese. Das 38 plantas restantes 18 que estavam em estágio reprodutivo forneceram flores para estudo de biologia floral.

Foram marcadas 25 plantas em estágio reprodutivo. Com visitas semanais foram contados e anotados o número de botões, flores e frutos por planta. Essa informação é importante para indicar a taxa de conversão de botões em flores e de flores em frutos. Além de indicar o período e intensidade da oferta de recurso para o visitante.

As observações sobre antese e biologia floral duraram 14 horas por dia (18:00 h às 8:00 h), repetidas 10 vezes totalizando 140 horas. A evolução da antese foi registrada por fotografia (Panasonic F100). Para quantificar os eventos florais foram tiradas mediadas da abertura da flor a cada hora de abertura. Por a flor ser dorsiventral, cada medida foi tomada no sentido horizontal e vertical. Foi mensurada abertura máxima das brácteas, abertura máxima das tépalas e distância máxima entre anteras.

A morfologia da flor foi estudada a partir da mensuração do hipanto como todo, da câmara de polinização, do tubo de acesso ao néctar e da câmara de néctar. Assim foi possível indicar qual a espaço para o visitante floral e qual o tamanho e comportamento para alcançar o chamariz e polinizar a flor.

A receptividade do estigma foi testada por  $H_2O_2$  (10%) a cada 2 horas. A concentração foi indicada pelo somatório do néctar de uma noite inteira, o que gerou o valor médio por antese. O odor foi descrito a partir de várias inspirações da fragrância no decorrer da antese.

Buscamos por visitantes ao observar as flores durante a antese. De forma indireta buscamos por morcegos e mariposas que estivessem sujos de pólen. Para captura de morcegos foram armadas 3 redes de neblina (7 m x 3 m) ao redor da planta previamente selecionada para o acompanhamento da antese. Durante 4 noites as redes foram abertas por 10 horas totalizando 2520 h/rede. A busca por mariposas se deu por extensão de 2 m de tecido branco iluminado das 20:00 h as 22:00 h e das 2:00 h as 4:00 h por 3 coletas totalizando 12 horas de espera também ao redor de uma planta escolhida para observação na noite em questão.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Fenologia

Foram contados 695 botões, 175 flores e 21 frutos de *C. jamacaru*. O número de flores por indivíduo variou de 1 a 87. Mesmo com tamanha variação o período de abertura de todas as flores é de exatamente três dias. Observamos quatro períodos de floração distribuídos um a cada mês.

A taxa de 33 botões para cada fruto é intrigante. Aponta para estratégia de floração quase massiva, rara em plantas que emitem flores tão grandes. A maioria das plantas emitem cerca de cinco botões porém algumas plantas lançaram 87 botões (TABELA 1 apêndice). Este padrão está intimamente ligado ao tamanho e idade do indivíduo.

As florações acontecem mensalmente no período chuvoso. Os botões se abrem em flor sempre na lua quarto minguante  $\pm 2$  dias (TABELA 2 apêndice). Cada floração dura três dias. Abrem-se 22,5% das flores no primeiro dia, 52,5% no segundo dia e 25,1% no terceiro dia. Curiosamente maioria das flores em cada floração abriu para o sudeste.

As flores do mandacaru são noturnas. Nas regiões de menor longitude a variação do horário do crepúsculo não é acompanhada pelo horário oficial. Para ser biologicamente informativo, as referências para o horário de abertura e duração da flor será o nascer e por do sol. As flores de *C. jamacaru* se abrem duas horas depois do por do sol e fecham cerca de cinco horas depois do nascer do sol.

### 2.3.2 Flor

#### 2.3.2.1 Construção geral

As flores caulifloras apresentam, quando totalmente abertas, um disco atrativo na vertical (FIGURA 2a): um alvo branco das tépalas (diâmetro: 19 cm) circundado por uma margem esverdeada das brácteas (diâmetro: 26 cm) e uma terceira margem formada pelo feixe de anteras (diâmetro: 8,5) (TABELA 3). As flores tendem à orientação horizontal, mesmo quando o caule é inclinado (FIGURA 2 b).

TABELA 3 – Medidas das estruturas florais de *Cereus jamacaru*.

Estruturas florais	Medidas em cm	dv* em cm
--------------------	---------------	-----------

Abertura das brácteas (h x v)*	28 x 20	2,9
Abertura das tépalas (h x v)	24 x 14	4,3
Abertura do feixe de anteras (h x v)	8,5 x 6,5	2,5
Comprimento total	23	4
Comprimento do hipanto	12	2,2
Abertura hipanto (h x v)	2,8 x 2,7	1,1
Abertura mínima da câmara de polinização	1,7 x 1,3	0,7
Comp. tubo de acesso à câmara nectarífera	6,5	0,5
Abertura de entrada da câmara de néctar	0,6	0,2
Comprimento da câmara de néctar	3,2	-
Largura do estilete	0,4	0,2
Comprimento do estilete	19	1,5

\*h x v: comprimento horizontal X comprimento vertical

A flor solitária é sentada e possui um eixo maciço, carnoso, de cor verde. Na sua base fica o ovário ínfero, acima dele segue um hipanto também chamado de receptáculo (BUXBAUM, 1957). Acima do hipanto encontram-se as tépalas brancas que produzem o disco branco.

### 2.3.2.2 *Hipanto*

O eixo da flor, o receptáculo, reveste-a até a altura das tépalas. A flor durante a sua evolução afundou-se dentro do seu eixo (BUXBAUM, 1957). A parte que circunda o ovário chama-se pericarpelo (BUXBAUM, 1957), a parte livre tem o nome de hipanto. Ele inclui também as bases das tépalas e do androceu.

O hipanto propriamente dito divide-se em duas partes: a inferior com paredes paralelas forma a câmara de néctar (comprimento: 3,2 cm). E a superior em forma de um cone inverso que dá acesso ao visitante (comprimento: 7 cm - 8 cm), denominada câmara de polinização (WESTERKAMP & CLAßEN-BOCKHOFF, 2007). Ao redor, o hipanto dispõe distalmente de brácteas verdes. Apenas na extremidade há grande número de tépalas, brácteas brancas (FIGURA 2c).



FIGURA 2 – Referência de abertura e morfologia da *Cereus jamacaru*. (a) disco frontal evidenciando os três círculos concêntricos; (b) vista lateral com ovário inferior destacado na região mais basal da flor e inserção lateral voltada para sudeste; (c) corte longitudinal evidenciando hipanto subdividido em câmara de polinização e câmara de néctar

As duas partes também se destacam por dentro. A câmara de néctar é revestida pelas bases dos estames inferiores. A câmara de polinização se caracteriza pelos filetes que saem da parede em ângulos agudos. Por causa disso, o diâmetro livre na base da câmara de néctar mede apenas 0,6 cm. A parte carnosa do hipanto daqui para fora se amplia e alcança diâmetro de 2,8 cm – 3,0 cm, liberando estames até a região mais externa.

### 2.3.2.3 Tépalas

As tépalas brancas estão inseridas apenas na extremidade do hipanto. Tem forma oblanceolada, com base larga e ápice arredondado, às vezes com um pequeno biquinho na mediana. São planas e sem forma tridimensional. O comprimento varia entre 9,0 cm e 11,0 cm. Em tépalas mais próximas a brácteas verdes, o ápice arredondado é levemente acuminado.

As tépalas apresentam transição contínua entre as brancas e arredondadas até as brácteas verdes carnosas e longas que as circundam a região mais externa. Elas apenas aparecem na parte distal da câmara de polinização, a parte baixa da flor, especialmente a câmara de néctar, carrega apenas escamas pequenas ou fica sem revestimento de folhas.

As tépalas são as responsáveis pela produção de um fraco odor de matéria verde com um tom amargo. Este cheiro é discretamente perceptível até 30 cm. Mesmo um grande número de flores abertas não resulta em um odor intenso.

#### **2.3.2.4 Androceu**

O androceu é secundariamente multiestaminado centrifugalmente (RONSE DE CRAENE, 2010). A flor tem cerca de 600 estames (comprimento 5-9 cm). Como todos os órgãos da flor, são inseridos em forma de um espiral (LEINS & ERBAR, 2008). Apenas os mais próximos do cone do hipanto e da câmara de néctar ficam fixos na sua posição, todos os outros seguem geotropicamente para baixo até ficarem encostados nas tépalas. Distalmente, todos os estames se viram para o lado oposto, para cima, são negativamente geotrópicos. Assim, as anteras são elevadas e ficam em uma posição vertical (FIGURA 3a).

Como são introrsos e longicidas, o pólen está sendo exposto para o lado de dentro da flor, em direção à entrada da câmara de néctar enquanto apenas o conectivo está exposto para fora em direção a um animal se aproximando.

A distância dos estames da entrada para a câmara de néctar 6,5 cm, região com anteras tem uma extensão de 7,0 cm a 8,0 cm.

#### **2.3.2.5 Câmara de néctar**

A entrada da câmara de néctar está mecanicamente fechada pelo estilete que passa por toda a flor. O estilete fica encostado no lado superior da parede formada pelas bases dos filetes que se tornam no hipanto (FIGURA 3b).

As bases dos filetes que compõem a fechadura dos filetes reveste a cavidade que denominamos câmara de néctar. Em toda a extensão, elas produzem néctar que sai através de poros equidistantes e forma gotículas minúsculas na superfície (FIGURA 3c). Quando não

retiradas durante a noite da antese, as gotículas crescem em diâmetro formando gotas (FIGURA 3d).



FIGURA 4 – Características internas da flor de *Cereus jamacaru*. (a) anteras voltadas para o interior da flor dorsoventral esternotríbica; (b) entrada da câmara de néctar fechada pelo estilete e circundada por filetes; (c) gotículas de néctar às 21:00h; (d) gotículas de néctar às 2:30h dispostas nas canaletas formada pela base superhidrofóbica dos estames.

As gotas ficam sempre no canal entre um filete e outro. Como mostram as fotos, as gotas são quase redondas, indicando uma superfície extremamente hidrofóbica abaixo

delas. Primeiras tentativas de medição do ângulo de contato mostram que fica perto do valor típico (150/160°) para super-hidrofobia (BHUSHAN *et al.*, 2009).

### **2.3.2.6 Gineceu**

O gineceu está composto por cerca de 18 carpelos, segundo o número de braços de estigma na extremidade. O ovário é ínfero, circundado pela base do receptáculo, aqui chamado de pericarpelo (BUXBAUM, 1957). O estilete (comprimento: 19 cm, largura: 0,3 cm) é bem flexível. No fim, ele mostra 18 braços estigmáticos que, quando totalmente abertos, alcançam um diâmetro de 2,5 cm. Todos os braços possuem papilas receptivas em todo o seu redor, não só no lado interior. Essa receptividade foi confirmada aplicando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Como o androceu, o estilete faz um movimento positivamente geotrópico até encostar nos filetes que por sua vez se apoiam nas tépalas. O resultado é uma ligeira curva que o faz encostar no lado superior da entrada para a câmara de néctar (FIGURA 3b). O gineceu está sendo apresentado apenas verticalmente acima das tecas, não as ultrapassa horizontalmente.

### **2.3.2.7 Função da flor**

As flores se abrem cerca de duas horas depois do por do sol ( $\pm 18:30$  h). Inicialmente, as brácteas e tépalas se abrem, as últimas finalmente alcançam um ângulo reto com o eixo da flor. Com exceção dos fixos no hipanto, os estames descem geotropicamente e o estilete segue este movimento. Como o estilete se encurva levemente para baixo, uma ligeira curva o encosta na parede superior na entrada da câmara de néctar, já estreita pela liberação dos primeiros estames. Desde o início, as anteras eretas descem e liberam o pólen em direção ao interior da flor protândrica.

A produção de néctar começa e obviamente continua a noite inteira, como mostram as gotas cada vez maiores (FIGURA 3c, 3d). Para conseguir medir a concentração de açúcares no néctar, as pequenas quantidades foram coletadas em cada flor cortada longitudinalmente (uma a cada duas horas) e misturadas. Esta mistura resulta em uma concentração de 30%. Dentro da câmara de néctar orientada horizontalmente, as gotículas de néctar ficam no lugar onde foram produzidas. Por causa da super-hidrofobia da superfície fica fácil juntá-las no momento da coleta.

O estigma começa a se abrir em torno de três horas depois do pôr do sol (21:30 h - 22:00 h), alcançando o seu máximo de abertura por volta das 2:30 h. O resultado é uma protândria de cerca de três horas.

A câmara de néctar fica fechada pelas bases dos estames saindo mais em baixo e pelo maciço estilete, encurvado para a parede superior da câmara de néctar. Um possível visitante, que certamente se aproxima um pouco de cima por causa do geotropismo dos esporofilos tem que pousar na grande área composta pelo conjunto de filetes e estilete. Assim, a curva do estilete será diminuída. Isso resulta em uma abertura acima do estilete dando espaço o suficiente para uma língua de morcego entrar.

Após o nascer do sol, a flor ainda aberta, pode receber visitantes não-noturnos como abelhas que ainda podem receber e entregar pólen caso contatem o estigma enquanto coletando pólen. As flores se fecham três horas depois do nascer do sol.

### 2.3.3 Visitantes

Não foi observada nenhuma visita esperada pelo estudo da morfologia e função da flor. Todas as visitas foram por espécies de tamanho e comportamento inapropriado para efetivar a polinização. À noite foi observada presença de uma espécie de Cucujidae e uma espécie de Blatária. Com os primeiros raios de sol chegaram os primeiros visitantes diurnos. Foram eles, *Xylocopa* sp, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*.

As primeiras foram *Xylocopa* sp que visitaram a flor logo ao nascer do sol ( $\pm 5:00$  h). Encontraram flores praticamente intactas. Com tamanha oferta de pólen, cada flor observada recebeu pelo menos 10 visitas de *Xylocopa* sp. Esta é uma abelha de grande porte, e tem um voo levemente desengonçado. É no momento da entrada que a abelha toca o estigma. Em seguida faz voos curtos e caminha dentro da flor coletando pólen. Esse comportamento provoca quebra de alguns filetes e ranhuras nas sépalas, mas foi o mais provável de promover polinização.

As visitas de *A. mellifera* e *T. spinipes* são bastante semelhantes. Não tocaram o estigma, portanto são classificadas como pilhadoras.

As buscas por morcegos nectaríferos e mariposas foram frustradas. Durante a abertura das redes de neblina só foram coletados morcegos frugívoros. Foram capturados e identificados 12 *Artibeus planirostris* e cinco *Carollia perspicillata*. Na armadilha para

insetos foram coletados dípteros, coleópteros, lepidópteros de pequeno porte, himenópteros e aracnídeos.

## 2.4 DISCUSSÃO

Visitantes noturnos adequados não foram observados durante a pesquisa. Provavelmente o número de visitantes diminuiu em detrimento de mortes e migrações estimuladas pela falta de chuvas. A intensidade das florações está ligada ao regime de chuvas, mas veremos que há outros fatores de influencia.

Os poucos frutos formados podem ser resultado de visitas de *Xylocopa* no início da manhã, mas é preciso testes de ensacamento para confirmar essa suspeita. De acordo com o histórico familiar sabemos que a flor é zoófila de antese noturna. Por falta de visitas precisa-se procurar entre os animais ativos à noite quem seriam os candidatos que melhor desempenhariam esta função.

Dos grupos de visitantes florais noturnos potencialmente polinizadores de flores de grande porte, há ocorrência as mariposas e morcegos para área de ocorrência natural da planta. Para avaliar quem seria o mais provável polinizador de *C. jamacaru*, temos que comparar as informações morfológicas e biológicas destes dois grupos com os dados da flor. Para isso seguimos os argumentos apresentados por Vogel (1954), Faegri & Pijl (1980) e Willmer (2011). Buscamos quais os caracteres que mostram uma possível coevolução entre flor e visitante, com preferência de fatos exclusivos – que excluem um dos candidatos.

O mandacaru é uma planta cauliflora, apresenta flores robustas diretamente no caule. Nem o peso da flor nem o peso dos frutos justifica cauliflora nestas plantas. Essa característica sugere suporte à aproximação de animais com grande envergadura como morcegos.

Nas nossas observações, as flores de *C. jamacaru* sempre abriram durante três dias seguidos na noite do quarto minguante. Isso encaixa perfeitamente com a observação de Esbérard (2007) que capturou o maior número de morcegos em noites com 26-50% da face da lua iluminada. Ele explica esse comportamento como fobia lunar: os animais preferem noites com luminosidade lunar menos intensa, provavelmente como estratégia anti-predador; considerando que a acuidade visual de predadores noturnos, como as corujas, diminui com a redução do luar (ESBÉRARD, 2007).

Complementarmente, Locatelli *et al.* (1999) destacaram, que a esfingófila *C. fernambucensis* sempre mostrou a maior porcentagem de flores abertas na fase da lua cheia. Provavelmente por ter contato visual facilitado por noites claras.

A duração das flores de mandacaru e flores esfingófilas é bem diferente. *C. jamacaru* abre duas horas depois do por do sol e fecha três horas após o nascer do sol. *C. fernambucensis*, como exemplo esfingófilo, começa a abrir às 23:00 h, está completamente aberta e receptiva próximo às 2:00 h e fecha aproximadamente às 8:00 h de manhã (LOCATELLI *et al.*, 1999).

A floração mensal maciça, apenas ao redor do quarto minguante, da nossa flor reflete o padrão *multiple bang* com numerosas pequenas florações que representam um novo recurso aos nectarívoros (Gentry, 1974). As cactáceas esfingófilas, por outro lado, mostram o padrão *steady state* de Gentry (1974), no qual produzem flores constantemente (SILVA & SAZIMA, 1995; LOCATELLI *et al.*, 1999).

Apesar de Kaiser e Tollsten (1995) atribuírem odores típicos a Cactaceae esfingófilas e quiropterófilas, percebemos apenas um fraco cheiro de matéria verde em *C. jamacaru* que, sobretudo se perde após poucos centímetros. Falta, então, o aroma fortemente perfumado (KNUDSEN & TOLLSTEN, 1993) que em flores polinizadas por mariposas é responsável pela atração à grande distância.

O mais importante para sinalização ao visitante é o alvo quase branco formado por brácteas e tépalas. Como são dezenas de flores por planta no auge da antese a abertura simultânea reforça o efeito de atração. É importante ressaltar que na sua maioria as flores são viradas para o sudeste, o efeito ótico é óbvio até com iluminação reduzida.

Esse alvo, especialmente no auge da antese, fica mais ou menos arredondado. Flores esfingófilas dispõem abertura em forma de estrela com a qual ajudam os seus especialistas a acertar o centro (VOGEL, 1954; FAEGRI E PIJL, 1980). Mariposas só encontrariam o centro de flores circulares como a do mandacaru através de tentativa e erro. Para morcegos, por outro lado, a profundidade central da flor deve ser perceptível através do eco que produzem com os seus gritos de ultrassom (HELVERSEN *et al.*, 2003).

A entrada para a câmara de néctar é fechada pelo estigma. Quando um visitante se aproxima da flor para beber o néctar é preciso que ele deposite o peso do corpo sobre o

estilete para assim, abrir a fechadura. A abertura que se forma dá espaço suficiente para uma língua de poucos milímetros de espessura como a de *G. soricina* se estenda por entre a dentição e colete o néctar da câmara (FIGURA 4b).

Para mariposas o acesso à câmara de néctar pode ser dificultado pelo comportamento de forrageio. Quando um esfingídeo pousa em uma flor, geralmente apenas se apoiam com as pernas dianteiras – para serem capazes de fugir a qualquer momento (WASSERTHAL, 1997). Schlumpberger (com. pessoal) já observou que estes insetos se jogam com o corpo inteiro nas flores de cacto no momento da aproximação. Mas, com o rosto inserido no cone da flor, mariposas não conseguem desenrolar e abrir a probóscide. Elas devem estender a probóscide antes de entrar na flor (FIGURA 4a). Porém neste momento, a fechadura ainda não está aberta. Por esse entrave mecânico esfingídeos só tem acesso à câmara nectarífera de flores já abertas por visitantes anteriores ou murchas.

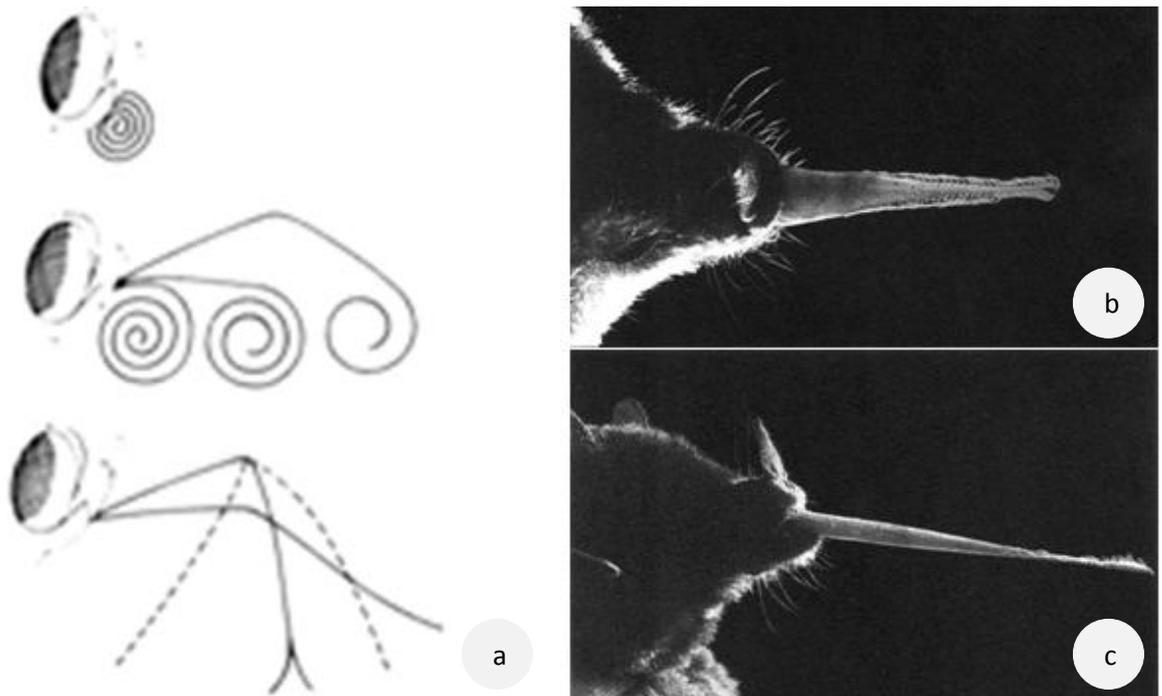


FIGURA 4 – Língua de possíveis visitantes de *Cereus jamanacu*. (a) probóscide de mariposa enrolada e em diferentes padrões de desenrolamento; (b) vista superior da língua de *Glossophaga soricina* evidenciando as escamas e papilas apicais; (c) vista lateral do mesmo morcego com língua estendida. Fonte: a BARTH, 1991; b,c DOBAT & PEIKERT-HOLLE, 1985.

Flores esfingófilas normalmente possuem tubos estreitos e quase verticais. *C. peruvianos* (FIGURA 5a) (SILVA & SAZIMA, 1995) e *C. fernambucensis* (LOCATELLI *et al.*, 1999) com tubos estreitos de até 15 cm são bons exemplos nas Cactaceae, assim como os

esporões extremos de *Angraecum* (WASSERTHAL, 1997) nas Orchidaceae. Diferentemente a flor de mandacaru, possui uma câmara de néctar curta, ampla e horizontal.



FIGURA 5 – Hipanto de flores de cactáceas na mesma escala com destaque para entrada da câmara nectarífera. (a) hipanto de *Cereus peruvianus* cactácea esfingófila; (b) hipanto de *Cereus jamacaru*

O nectário é de origem androceal, comum na família Cactaceae. O néctar é produzido em gotículas minúsculas, provavelmente em cima de poros de néctar, estômatos não fechados. Cada gotícula fica no seu lugar de origem e forma uma bola quase redonda, com ângulo de contato acima de  $150^\circ$ . Qual a base desta super-hidrofobia (BHUSHAN *et al.*, 2009; SCHULTE *et al.*, 2011) ainda precisa ser estudado em detalhe. O mais provável é que as gotas ficam no seu lugar de origem através de um efeito chamado *petal effect* ou *Cassie impregnating wetting state* (FENG *et al.*, 2008). Esse efeito descreve situações em que as gotas estão presas em superfícies super-hidrofóbicas através de nano-capilaridades.

A consequência destas gotículas separadas é que o néctar não forma uma lâmina úmida. Com a língua repleta de papilas um morcego lamberia as gotas da superfície super-hidrofóbica em poucos instantes. Quando estendida, a ponta da língua reta deve durante a sua entrada empurrar as gotículas de uma fenda formada entre duas bases de filetes para formar uma gota maior que pode ser sugada em cada fenda pelas chamadas *sensilla styloconia* que formam um tipo de pincel finíssimo (Krenn, 2010). Durante uma visita, a língua pode seguir apenas uma única fenda entre as bases dos filetes e em apenas um lado do estilete pois, ela não está móvel para os lados. Como existem cerca de 40 fendas deste tipo, a grande maioria delas está fora do alcance da língua do lepidóptero (FIGURA 6).

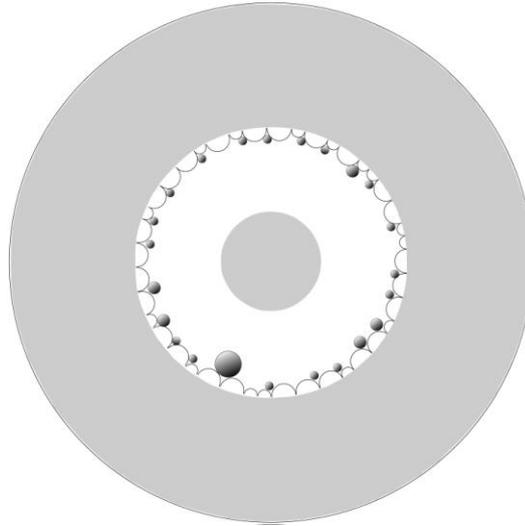


FIGURA 6 – Esquema do nectário no qual os semicírculos representam cada base fundida dos estames, os círculos acima deles as gotículas de néctar e o círculo mais central o estilete.

A flor do mandacaru está proterândrica por algumas horas. Em condições normais o visitante deveria visitar a flor pelo menos duas vezes durante a noite, uma vez na fase masculina, outra vez na fase feminina. Isso tem como pré-condição que o néctar retirado na primeira visita seja repostado até a segunda visita. Esse evento justificaria a produção de néctar continuamente. A concentração do néctar fluido de 30% seria na altura esperada para ambos os grupos e por isso não ajuda na decisão (ROCES *et al.*, 1993).

A cabeça do morcego (*Glossophaga soricina*) encaixa perfeitamente na flor. Na chegada vai baixar as anteras viradas em direção ao centro da flor e com isso recebe pólen no seu lado ventral. Mais tarde, na fase estigmática, vai tocar primeiro no estigma antes de receber novo pólen.

A tabela 4 compara os pontos mais importantes da forma e função da flor em relação a mariposas e morcegos. Dois fatores foram destacadas como exclusivos: a câmara de néctar fechada e a apresentação do néctar em gotículas apenas lambíveis. Os outros pontos mencionados mostram todos na mesma direção: esta flor evoluiu para ser visitada e polinizada por morcegos.

TABELA 4 – Comparação dos caracteres mencionados no texto em relação ao seu efeito sobre mariposas e morcegos (– negativo, + positivo, +++ exclusivo)

Caráter	Mariposas	Morcegos
---------	-----------	----------

cauliflora		+
floração no quarto minguante	–	+
ausência de odor forte perfumado	–	
alvo grande redondo		+
alvo com centro profundo		+
falta de prato em forma de estrela	–	
entrada à câmara fechada		+++
câmara curta e horizontal		+
gotículas apenas lambíveis		+++
maior parte do néctar inacessível p. marip.	–	
satisfação na mesma planta	–	
protandria necessita mais visitas		+

---

Conduzidos por tantos pontos positivos em favor da polinização por morcegos testamos o encaixe entre visitante e flor com duas espécimes de *G. soricina*. Usamos esta espécie por ser o morcego nectarífero mais comum da região de ocorrência do mandacaru (SILVA, 2007), com registro de polinização de outras cactáceas (ROCHA, 2007). Não testamos mariposas em decorrência da quantidade de pontos negativos ligados à esfingofilia para esta flor.

Ao usar um *G. soricina* conservado em álcool 70% e simular a entrada na câmara de polinização, observamos que ângulo aberto entre as bases dos estames e a cavidade do hipanto se encaixa perfeitamente com a cabeça do morcego (FIGURA 7a). A distância que sobrou entre a ponta do focinho e a base da câmara de néctar foi de 4,0 cm (FIGURA 7b), e o do alcance da língua estendível, descrito na literatura é de 4,8 cm (Dobat, 1985). Esta língua com papilas deveria remover facilmente as gotículas de néctar dentro de poucos segundos, especialmente por causa da super-hidrofobia da superfície do nectário que mantém as gotas com contato mínimo com a superfície.

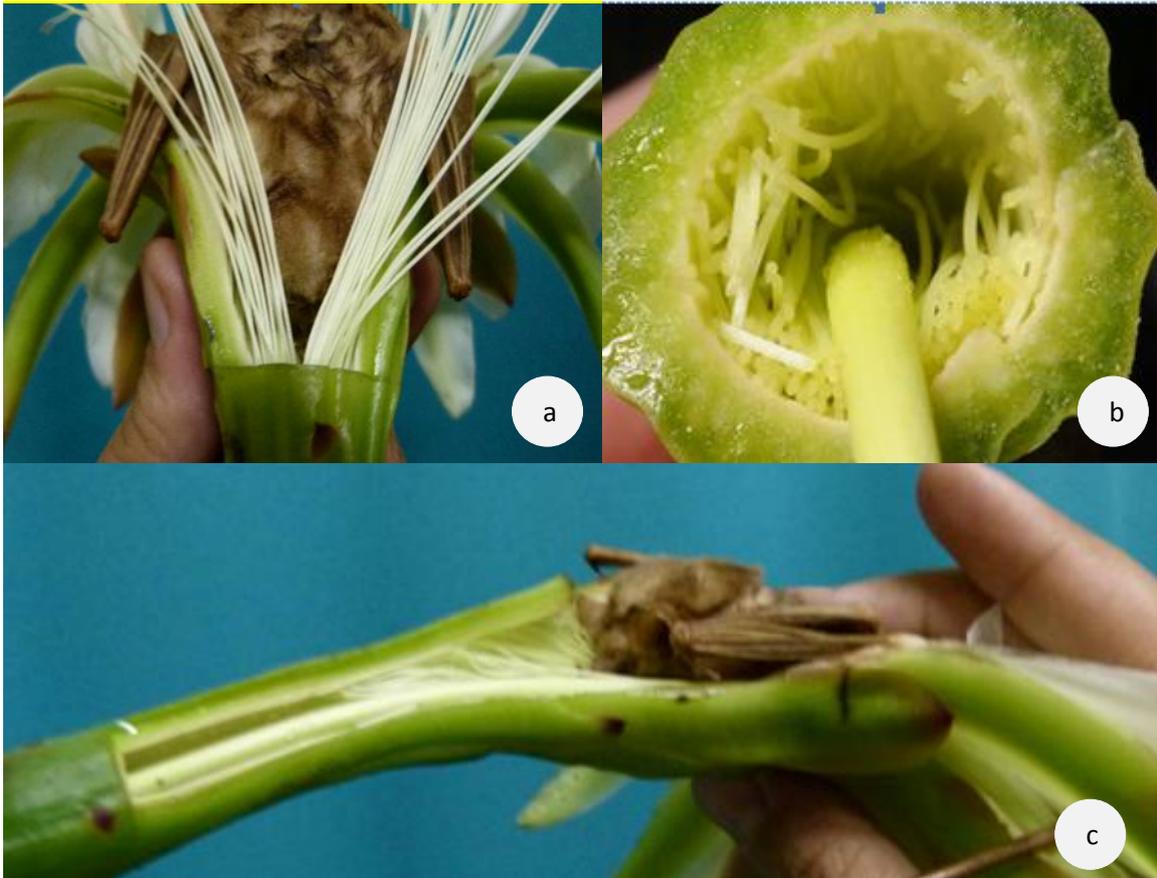


FIGURA 7 – Simulação de visita de *Glossophaga soricina* à flor de *Cereus jamacaru*. (a) vista superior do morcego dentro da câmara de polinização; (b) posição do estilete depois da visita; (c) vista lateral da região de encaixe do visitante até a câmara de néctar.

Quando um morcego se aproxima da entrada da câmara de néctar, o corpo dele se aproxima dos estames e do estigma. Com o peso do corpo ele deve baixa-los Isso tem como consequência que o lado aberto das anteras se encosta no lado ventral do visitante e o contamina com pólen. Simultaneamente força o gineceu contra a parede do hipanto e abre a fechadura da câmara de néctar (FIGURA 7b). Mais tarde, em uma flor na fase feminina o lado ventral do animal sujo de pólen deverá tocar parte do estigma agora aberto dá se então a polinização esternotrípica.

Os morcegos tendem a formar redes de interações mais coesas, sendo a maioria ligada a muitas espécies mutualistas (MELLO *et al.*, 2011). *G. soricina* é um bom exemplo, pois mantém relação de forrageio com pelo menos 160 espécies de plantas (BREDT *et al.*, 2012). Não tê-los encontrado aponta para possível migração para regiões com maior oferta de recurso. Agora resta mostrar na natureza que esta suposição baseada em muitos fatores é verdadeira.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi conduzido em um ano atípico cujas taxas de precipitação são as mais baixas nos últimos 15 anos. As florações estão ligadas ao período chuvoso e a data de abertura das flores à lua minguante. Não observamos nenhum polinizador compatível com a forma e função da flor. Nesse cenário, as visitas de *Xylocopa* para coleta de pólen foi o único comportamento possível de polinizar a flor. Essas grandes abelhas tocam o estigma acidentalmente quando ele ainda está receptivo. Obviamente a flor não evoluiu para visitas de abelhas, mas a constância das visitas garante a mínima produção de frutos.

A flor de *C. jamacaru* apresenta características bem particulares e típicas de quiropterofilia, mas ainda deve ser observada em outros anos para registro da teoria na natureza.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. T. S. **Cactus úteis na Bahia: ênfase no semi-árido**. 1 ed. Bahia, UESB, p. 128, 2008.
- BARTH, F. G. **Insects and flowers: the biology of a partnership**. Princeton, Princeton University Press, p. 408, 1991.
- BREDT, A.; UIEDA, W.; PEDRO, W. A. **Plantas e morcegos na recuperação de áreas degradadas e na paisagem urbana**. 2 ed., Brasília, Redes de Cerrado, p. 273, 2012.
- BHUSHAN, B.; JUNG, Y. C.; KONCH, K. Micro-, nano- and hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. **Phil. Trans. R. Soc.** v. 367, p. 1631-1672, 2009.
- BUXBAUM, F. Morphologie der Kakteen. In.\_\_\_\_ **Die Kakteen** (coleção de folhetos), Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 1957-1960.
- COTA-SÁNCHEZ, J.; BOMFIM-PATRÍCIO, P. M. Seed morphology, polyploidy and the evolutionary history of the epiphytic cactus, *Rhipsalis baccifera* (Cactaceae). **Polibotânica**, v. 29, p. 107-129, 2010.
- ESBÉRARD, C. E. L. Influência do ciclo lunar na captura de morcegos Phyllostomidae. **Iheringia**, v. 97, p. 81-85, 2007.
- FAEGRI, K.; PIJL, L. V. **The principle of pollination ecology**. 3 ed. Oxford, Pergamon Press, p. 445, 1979.
- GUEDES, M. L. S. Estudo fitossociológico de um trecho da Reserva Ecológica da Mata de Dois Irmãos. **Dissertação de mestrado**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 87, 1992.
- HELVERSON, D. V.; HOLDERIED, M.; HELVERSEN, O. V. Echoes of bat-pollinated bell-shaped flowers: conspicuous for nectar-feeding bats?. **The J. of Exp. Biolog.**, v. 2006, p. 1025-1034, 2002.
- HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P. & CHARLES, G. The new cactus lexicon. Volumes I. **International Cactaceae Systematics Group**. 1 ed., Milborne, DH Books, 2006.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia.,  
[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf), dez. 2012.
- KAISER, R.; TOLLSTEN. An introduction to the scent of cacti. **Flav. and Frang. J.**, v. 10, p. 153-164, 1995.
- KLAUS, D.; PEIKERT-HOLLE, T. Blüten und fledermäuse: Bestäubung durch fledermäuse und flughude (Chiropterophilie). **W. Kramer**, v. 60, 1985.
- KNUDSEN, J. T.; TOLLSTEN, L. Trend in a floral scent chemistry in pollination syndromes: floral scent composition in moth-pollinated taxa. **Bot. J. of the Lin. Societ.**, v. 113, p.263-284. 1993.

KRENN, H. W. Feeding mechanisms of adult Lepidoptera: structure, function, and evolution of the mouthparts. **An. Rev. of Entomol.** v. 55, p. 307-327, 2010.

LEINS, P.; ERBAR, C. **Blüte und frucht: morphologie, ent wicklun gs geschichte, phylogenie, function, ökologie.** 2 ed. E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, p. 412. 2008.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C.; MEDEIROS, P. Floral biology and bat pollination in *Pilosocereus catingola* (Cactaceae) in Northeastern Brasil. **Bradleya**, v. 15, p. 28-34. 1997.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. Floral biology of *Cereus fernambucensis*: a sphingophilous cactus of restinga. **Bradleya**, v. 17, p. 86-94. 1999.

PORSCH, O. Das Bestäubungsleben der Kakteenblüte II. In.\_\_\_\_ **Cactaceae: Jahrbücher der Deutschen Kakteen-Gesellschaft.** Neudamm, Neumann, p. 81-142, 1939.

RECH, A. R.; BRITO, V. L. G. Mutualismos extremos de polinização natural e tendências evolutivas. **Oecol. Aus.**, v. 16. 2012.

ROCHA, E. A.; MACHADO, I. C.; ZAPPI, D. C. Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the "Caatinga" in northeastern Brasil. **Bradleya**, v. 25, p. 125-128. 2007.

ROCES, F., WINTER, Y., HELVERSEN, O. V. Nectar concentration preference and water balance in a flower visiting bat, *Glossophaga soricina antillarum*. In.\_\_\_\_ **Animal plant and interation in tropical environments.** ed. Bon. Germany, Museum Koenig. p. 159-165, 1993.

RONSE DE CRAENE, L.P. **Floral diagrams: an aid to undestanding flower morphology and evolution.** Cambridge, Cambridge University press, p. 441, 2010.

SCHLUMPBERGER, B.O. A survey on pollination modes in cacti and a potential key innovation. In.\_\_\_\_ **Evolution of plant-pollinator relationships.** Cambridge, Cambridge University Press, p. 300-319, 2012.

SILVA, J. G. M.; LIMA, G. F. C.; PAZ, L. G. Utilização de cactáceas nativas (*Cereus jamacaru*. DC e *Pilosocereus gounollei*) associadas à silagem de sorgo na alimentação de bovinos no Sericó norte-rio-gandense. **Dissertação de mestrado.** Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 88, 1998.

SILVA, W.R.; SAZIMA, M.; Hawkmoth pollination in *Cereus peruvianus*, a columnar cactus from southeastern Brasil. **Flora**, v. 190, p. 339-343. 1995.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. Distribuição das espécies de Cactaceae na caatinga. In\_\_\_\_ **Vegetação e flora das caatingas.** SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍLIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds.),. 2002.

THE PLANT LIST 2010. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (acesso 13th February 2013)

THOMSON, J. When is mutualism?. **The americam naturalist**, v. 162, S1-S9, 2003.

VOGEL, S. **Blutenbiologische typen als elemente der sippengliederung,** Jean, Gustav Fischer, p. 338, 1954.

WASSERTHAL, L. T. The pollinators of the Madagastar orchids *Angaecum sesquipedale*, *A.sororium* and *A. compactum* and the evolution of extremely long spurs by pollination shift. **Bot. Act.**, 343-359 1997.

WEBERLING, F. **Morphology of flowers and inflorescences**. Cambridge, Cambridge University Press, p. 404, 1981.

WESTERKAMP, C.; BOCKHOFF, CLASSEN. Bilabiate flowers: the ultimate response to bees? **An of Botan** 100, 361-374. 2007.

WILLMER, P. **Pollination and floral ecology**. Princeton, Princeton University Press, 778. 2011.

ZAPPI, D. C. Pilosocereus (Cactaceae). The genus in Brazil. **Succ. Pl. Res.**, v. 3, p. 1–160, 1994.

## APÊNDICE

TABELA 1 – Relação do número de botões, flores e frutos por planta nos meses de janeiro(1), fevereiro(2), março(3) e abril(4) de 2012.

	botão1	flor1	fruto1	botão2	flor2	fruto2	botão3	flor3	fruto3	botão4	flor4	fruto4
1	1	--		63	42	3	27	1	--	35	13	2
2	87	13	2	1--	4	1	6	1	--	16	7	1
3	8	3	--	3	--	--	23	3	2	1--	4	--
4	25	--	--	1	--	--	26	--	2	4	2	--
5	--	--	--	2	1	--	7	--	--	2	1	--
6	--	--	--	1	1	--	3	--	--	--	--	--
7	--	--	--	4	2	--	8	2	--	--	--	--
8	--	--	--	5	3	--	9	6	--	--	--	--
9	--	--	--	5	2	--	4	--	--	4	1	--
1--	1	--	--	--	--	--	6	--	--	1	--	--
11	1--	3	--	1	--	--	26	--	1	9	4	--
12	3	--	--	4	3	--	2	--	--	4	--	--
13	15	2	--	2	1	--	15	6	--	5	2	--
14	5	--	--	44	4	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	4	1	3	--	--	--	--	--
16	--	--	--	9	--	--	13	3	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	1	--	7	2	1
18	--	--	--	--	--	--	11	2	--	--	--	--
19	6	1	--	1	--	--	--	--	--	1	--	--
2--	--	--	--	3	--	--	7	--	--	13	6	1
21	--	--	--	--	--	--	1	1	--	1	--	--
22	--	--	--	2	--	--	5	3	--	--	--	--
23	--	--	--	7	5	1	3--	8	3	--	--	--
24	--	--	--	4	--	--	6	1	--	--	--	--
25	--	--	--	12		--	3	1	--	--	--	--
Total	161	22	2	183	72	6	241	39	8	112	42	5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	57.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	)								@				*	*	*	(							<b>O</b>							)
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.	7.	44.6	4.8	60.	--	--	--	11.0	--	--	9.4	--	6.	--
							@						*	*	*	0	2					<b>O</b>							6.	--
													(																	)
3	5.	--	--	--	--	7.	--	--	--	17.4	--	17.4	--	--	5.	--	--	--	--	2.8	--	--	--	--	--	7.0	--	34.0	--	--
	6					6		@					*	*	4							<b>O</b>								)
													(	*	*															
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
						@						*	(	*	*							<b>O</b>								)
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3.6	--	--	--	--	--	--	--
						@						(										<b>O</b>								)
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13.4	--	--	43.0	--	--	--	--
				@						(										<b>O</b>										)
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			@							(										<b>O</b>										)
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		@							(								<b>O</b>													)
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	@							(							<b>O</b>								)							@
10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
								(							<b>O</b>															@
11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
						(							<b>O</b>										)					@		
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
						(							<b>O</b>										)					@		

TABELA 3 – Calendário de 2012 indicando regime diário de chuvas com marcações de floração(\*), lua crescente()),lua cheia(@) lua nova(O) e lua minguante().

## Flora – Instructions to Authors

1. FLORA publishes regular articles and reviews, the latter solicited by the editors. Only contributions will be accepted which have not been published previously.

**Manuscripts should be submitted** either as .doc files by email attachment or as print-out in triplicate to the Editor-in-Chief: Prof. i.R. Dr. Rainer Lösch, Neben-Steingasse 1, D-63739 Aschaffenburg, Germany, e-mail: Loesch.Rainer@t-online.de. Correspondence between authors and editor occurs by preference via e-mail.

2. **Copyright.** Once a paper is accepted, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright, see <http://www.elsevier.com/authorsrights>). A form facilitating transfer of copyright will be provided after acceptance. If material from other copyrighted works is included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article.

3. **Open Access.** This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

4. The manuscript will be **reviewed** by two referees, at least one of them being a FLORA Editorial Board member. Decision about acceptance of a manuscript is based upon these reviews.

5. Manuscripts should be written in **English or German**; publication in English is recommended. Publication in French or Spanish is possible in exceptional cases by appointment of the editor-in-chief. Authors not using their mother tongue are strongly advised to have the text reviewed by a native speaker before submission. Manuscripts should be **submitted in final form** and prepared in accordance with the journal's accepted practice, form and content. Manuscripts should be checked carefully to exclude the need for corrections in proof. They should be typed double-spaced throughout, on one side of the paper only and with wide margins.

6. The first page (**title page**) should contain the full title of the paper, the full name(s) and surname(s) of the author(s), name of laboratory where the study was carried out, and the address (incl. e-mail) of the author(s).

7. Each manuscript must be preceded by an **English title** and an **English abstract** which presents briefly the major results and conclusions of the paper. In case of not-English-written papers this summary must be more extensive as normal and may be as long as maximally 1½ printed pages. Immediately following the abstract, up to six English **key words** should be supplied indicating the scope of the paper. **Legends of figures and tables** must be given also in **English** in the case of non-English papers.

8. Papers should be written as concise as possible; as a rule, the total length of an article must not exceed 10 printed pages; exceptions are possible only upon explicit consent of the editors.

The main portion of the paper should preferably be divided into four sections: **Introduction, Materials and methods, Results, and Discussion**, followed by **Acknowledgements** (if necessary) and **References**. Each section and sub-section must bear a heading.

9. **Text marking:** Names of Authors should not be written in capitals. Scientific names up to the genus are to be written in italics (*Viola alba* subsp. *alba*); plant community names are not to be printed in italics (*Seslerietum*, but *Sesleria-slope*). The SI-System of units must be used wherever possible.

10. The beginning of a paragraph should be indented. The section "References", captions for illustrations and tables will be printed in small print (petit).

11. Each **table** should be typed on a separate sheet of paper resp. on a separate page of a file. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Table 1, Table 2", etc., and attached to the end of the text. Tables should be supplied with headings, kept as simple as possible.

12. **Figures** (including photographic prints, line drawings and maps) should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Fig. 1, Fig. 2", etc. and attached to the text after the tables. Legends for figures should be listed consecutively on a separate page. Plan all figures to suit a column width of 8.8 cm or a page width of 18.2 cm. Figures, in particular photographs, may be combined to a maximum plate size of 18.2 cm x 24.3 cm.

Submit illustration **files** separately from text files. Files for full color images must be in a RGB color space for online publication (e.g. at ScienceDirect). Usually, the RGB files will be converted to the CMYK color space for the print process. Elsevier recommends that only TIFF, EPS or PDF formats are used for electronic artwork. MS Office files (Word, Excel and Powerpoint) are also accepted. Journal quality reproduction will require greyscale and color files at resolutions yielding approximately 300 dpi. Bitmapped line art should be submitted at resolutions yielding 600-1200 dpi.

13. **Photographs** should be black-and-white, high-contrast, sharp glossy prints of the original negative and in a square or rectangular format.

**Free colour reproduction.** If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. Colour figures can be printed only if the costs are covered by the author (€ 250.00 (+VAT) for first colour figure, € 200.00

(+VAT) for every following colour figure). For further information on the preparation of electronic artwork, please see [www.elsevier.com/locate/authorartwork](http://www.elsevier.com/locate/authorartwork).

Magnification of microphotographs should be indicated by a scale bar. Inscriptions, marks, and scale bars should preferably be drawn neatly in black ink in an appropriate size on the face of the illustrations, or appropriate fonts should be used when preparing the electronic file. When several pictures are used to produce a single plate, please ensure that they fit each other in size, are of equal contrast, and that they correspond to the caption in number and description.

14. **Line drawings** (incl. maps) should be large enough in all their details to permit a suitable reduction. Important points to note are thickness of lines, size of inscriptions, size of symbols, adequate spacing of shaded and dotted areas.

15. Figures and tables should always be mentioned in the text in numerical order. The author should mark in the margin of the manuscript where figures and tables are to be inserted.

16. When quoting **references** in the text, the following format should be used: Meyer (1999) resp. (Meyer, 1999), Meyer and Smith (1995) resp. (Meyer and Smith, 1995) or Meyer et al. (1990) resp. (Meyer et al., 1990). Several papers by the same author(s) published in the same year should be differentiated in the text, and in the list of references, by a, b, c following the year of publication. "et al." should be used in the text in the case of more than two authors. Quotations of references from different authors within one pair of brackets must be separated by semicolons, commas are to be put between the years of publication of papers of the same author: (Meyer, 1992, 1999; Meyer and Smith, 1995; Jones et al., 1998a, b).

**References** should be listed alphabetically. Listings of several works by the same author should be grouped in chronological order. Then, papers of this author each with another one will follow according to the alphabetical order of the second author names, papers with three and more authors ("et al." in the text) will then be arranged again in the chronological order. The style to be used is shown in the following examples:

**a. Papers published in periodicals:**

Akhalkatsi, M., Wagner, J., 1996. Reproductive phenology and seed development of *Gentianaella caucasea* in different habitats in the Central Caucasus. *Flora* 191, 161-168.

Zotz, G., Patiño, S., Tyree, M.T., 1997. CO<sub>2</sub> gas exchange and the occurrence of CAM in tropical woody hemiepiphytes. *Flora* 192, 143-150.

**b. Books:**

Takhtajan, A., 1959. *Die Evolution der Angiospermen*. G. Fischer, Jena.

**c. Papers published in multi-author books:**

Mathes, U., Feige, G.B., 1983. Ecophysiology of lichen symbiosis. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Physiological Plant Ecology. II. Responses to the Chemical and Biological Environment*. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, vol. 12C, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 423-467.

The titles of books and papers in periodicals should always be quoted completely and exactly. Titles of periodicals should be abbreviated according to the usual rules listed e.g. in the World List of Scientific Periodicals or in Biological Abstracts. The number of the volume should be given in Arabic numerals.

17. When papers are cited which were originally published in languages which use alphabets other than Latin (e.g. Russian Cyrillic etc.), then the author, title of the paper and the periodical name itself must be **transliterated** using standards like ISO 1 or ISO 2 (cf. *Taxon* 30: 168-183).

18. FLORA is produced directly in **page set**. Consequently the author only receives the final page proofs for checking and approval. *Extended corrections are not more possible at this stage.*

19. Publication of an article of normal size and without color photographs in FLORA is **free of charge** to the author(s). In exchange, the **Copyright** of the article is transferred to the publisher. However, the author(s) will be free to use single figures or tables of the article in subsequent own work. The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional offprints may be ordered when proofs are returned. Until publication of the print edition, corrected proofs will be available at online first ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).

20. **Funding body agreements and policies.** Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors who publish in Elsevier journals to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

21. **Linking to and depositing data at PANGAEA.** Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9).

Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).