



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
(AGROECOLOGIA)

BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P.  
TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)

**PAULO MARKS DE ARAÚJO COSTA**

BANANEIRAS – PB

2021

PAULO MARKS DE ARAÚJO COSTA

**BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P.  
TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

**Área de concentração:** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

**Comitê de Orientação**

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Vênia Camelo de Souza

**Coorientadores:** Dr<sup>a</sup>. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo

Dr<sup>a</sup>. Gilvaneide Alves de Azeredo

Dr. Alex da Silva Barbosa

Dr. Thiago de Sousa Melo

**BANANEIRAS – PB**

**2021**

**Catálogo na publicação  
Seção de Catalogação e Classificação**

C838b Costa, Paulo Marks de Araújo.

Biologia floral de *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P.  
Taylor & Stuppy (Cactaceae) / Paulo Marks de Araújo  
Costa. - Bananeiras, 2021.  
63 f. : il.

Orientação: Vênia Camelo de Souza.

Coorientação: Lenyneves Duarte Alvino de Araújo.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Caatinga. 2. Conservação. 3. Reprodução. 4.  
Polinização. 5. Quipá. I. Souza, Vênia Camelo de. II.  
Araújo, Lenyneves Duarte Alvino de. III. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 63

Elaborado por LAIS EMANUELY ALBUQUERQUE DOS SANTOS - CRB-785

BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P. TAYLOR &  
STUPPY (CACTACEAE)

PAULO MARKS DE ARAÚJO COSTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Aprovada em: 30 de agosto de 2021

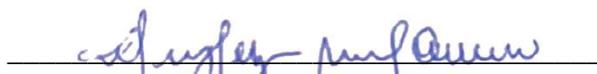
**Comissão Examinadora**



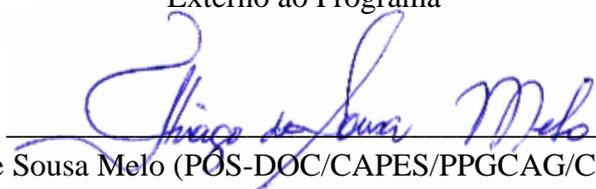
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vênia Camelo de Souza (DCBS/CCHSA/UFPB)  
Orientadora



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo (DB/CCA/UFPB)  
Externo ao Programa



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zelma Glebya Maciel Quirino (DPMA/CCA/UFPB)  
Externo ao Programa



Dr. Thiago de Sousa Melo (POS-DOC/CAPES/PPGCAG/CCHSA/UFPB)  
Interno ao Programa

*A Deus pelo amor eterno.*

Aos meus pais,

*Solon de Araújo Costa*

*Maria das Dores Pereira da Costa*

As minhas irmãs,

*Soraya de Araújo Costa*

*Sayonally de Araújo Costa*

Minha encantada,

*Talita Stefany da Silva*

Minha menina encantada,

*Tainara Marly de Araújo Silva*

*Dedico!..*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS pela luz, paz e amor eterno, pelas forças, proteção e perseverança, por me guiar nesta trajetória até este dia tão sonhado.

Aos Meus Pais, Solon de Araújo Costa e Maria das Dores Pereira da Costa, pela educação, valores e principalmente pelo amor transmitido, Muito Obrigado.

As Minhas Irmãs, Soraya de Araújo Costa, Sayonally de Araújo Costa e ao meu sobrinho Erismarks, por todo o carinho, amor e admiração.

A Minha Amada Esposa Talita Stefany da Silva e Nossa Filha Tainara Marilly de Araújo Silva, pelo companheirismo, paciência, amor, carinho, admiração e incentivo nesta caminhada. Por serem minha fonte infinita de inspiração.

Ao Meu Comprade, Erisberto Gomes, pela paciência e apoio. Muito Obrigado.

Aos Meus Sogros, Paulo Fernandes da Silva e Francilene Maria da Silva, por todo apoio, paciência, carinho e companheirismo, Muito Obrigado.

À UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, em especial ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, pela significativa contribuição à minha formação.

À Minha Orientadora Profa. Dra. Vênia Camelo de Souza, pela paciência, orientação, amizade e por todas as contribuições à minha formação. Muito Obrigado.

À Minha Coorientadora Profa. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo, pela paciência, orientação, contribuição incalculável para a execução desse trabalho. Muito Obrigado.

Aos Professores e Coordenação do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias (Agroecologia), pelos ensinamentos prestados, e colaboração com o meu crescimento pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa estudos durante o Mestrado.

Aos Professores Gilvaneide Alves de Azeredo e Thiago de Sousa Melo pelas contribuições prestadas no trabalho desenvolvido, o qual foi enriquecido pelas contribuições inovadoras.

Aos Companheiros de Pós-Graduação, em especial João Henrique, Cid Eduardo, Gil Salviano, Túlio Luna, Giuliane Karen, Liliane Sabino, Manuela Morais, Moisés Paiva, Janaína Ribeiro, Luciano Raposo, pela amizade, por todos os momentos compartilhados, aprendizados e encorajamento nesta trajetória.

Ao Grupo de Pesquisa ECOVAR, em especial a Emerson Serafim, Ivan Sérgio e Vagner Sousa, pela colaboração para desenvolvimento e sucesso deste trabalho, Muito Obrigado.

Ao Técnico do Laboratório de Biologia do CCHSA, Pedro Thiago, pela disponibilidade, paciência e contribuição.

Ao Sr. Erinaldo Soares Salustino “BAU” pela concessão da área para os experimentos de campo e apoio para realização das pesquisas, Muito Obrigado.

À Estação Experimental Bacia Escola São João do Cariri, pela concessão da área para execução dos experimentos de campo e apoio para realização das pesquisas.

Aos motoristas, em especial Isaac e Nildo, e demais funcionários que sempre ajudaram no decorrer da Pesquisa, afinal sem eles as dificuldades seriam maiores.

Ao povo brasileiro, em especial ao Nordeste, os quais contribuíram para minha formação e realização deste trabalho, Muito Obrigado.

## BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P. TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)

### RESUMO GERAL

A Caatinga é a vegetação predominante no Nordeste brasileiro, composta por florestas tropicais sazonais secas, apresenta diversidade de espécies da família Cactaceae com elevada importância ecológica. O acompanhamento fenológico das fases reprodutivas, a biologia floral, o sistema reprodutivo e a biologia da polinização da espécie *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae), foram estudados em três comunidades de Caatinga no estado da Paraíba, Brasil. Para definição das fenofases foi adotada a descrição da intensidade do evento fenológico e o índice de sincronia de floração foi calculado para cada população. Para aferir a relação dos eventos fenológicos com as variáveis climáticas, foi aplicado o coeficiente de correlação de Spearman. Foram realizadas análises da biologia floral e reprodutiva, bem como a observação e registro da riqueza, abundância e frequência dos visitantes florais. A espécie apresentou eventos de floração e frutificação de baixa sincronia e correlação significativa com fatores ambientais. As flores de *T. inamoena* são de antese diurna, de coloração vermelha, actinomorfa com ovário ínfero e epígina, ofertando néctar como recurso. Os grãos de pólen apresentaram viabilidade de 96,87% e a razão pólen:óvulo (P:O) foi de 998,72. Houve diferença significativa na morfometria dos frutos entre as populações. O sistema reprodutivo é misto, podendo acontecer por autopolinização e por polinização cruzada. Houve diferença significativa na morfometria dos frutos entre as populações. O sistema reprodutivo pode acontecer por autopolinização e por polinização cruzada. Não houve diferença significativa na qualidade dos frutos oriundos dos tratamentos de polinização. A germinação das sementes é baixa. O polinizador principal é o beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*) que realiza visitas as flores apenas no período da manhã, corroborando a síndrome de ornitofilia apresentada pela flor. Borboletas e abelhas foram registradas como pilhadoras. A espécie apresentou floração e frutificação contínuas e correlacionadas com as variáveis climáticas, com sistema reprodutivo misto que garante o sucesso reprodutivo da espécie.

**Palavras-Chave:** Caatinga; conservação; reprodução; polinização; quipá.

## FLORAL BIOLOGY OF *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) NP TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)

### ABSTRACT

Caatinga is the predominant vegetation in northeastern Brazil, composed of seasonal dry tropical forests, and presents a diversity of species of the Cactaceae family with high ecological importance. The phenological monitoring of reproductive stages, floral biology, reproductive system and pollination biology of the species *Tacinga inamoena* (K. Schum.) NP Taylor & Stuppy (Cactaceae) were studied in three communities of Caatinga in the state of Paraíba, Brazil. To define the phenophases, the description of the intensity of the phenological event was adopted and the flowering synchrony index was calculated for each population. To assess the relationship of phenological events with climatic variables, Spearman's correlation coefficient was applied. Analyzes of floral and reproductive biology were carried out, as well as the observation and recording of the richness, abundance and frequency of floral visitors. The species showed low synchrony flowering and fruiting events and significant correlation with environmental factors. The flowers of *T. inamoena* have diurnal anthesis, red color, actinomorphic with an inferior ovary and epigina, offering nectar as a resource. The pollen grains had 96.87% viability and the pollen:ovule (P:O) ratio was 998.72. There was a significant difference in fruit morphometry between populations. The reproductive system is mixed and can happen by self-pollination and by cross-pollination. There was a significant difference in fruit morphometry between populations. The reproductive system can happen by self-pollination and by cross-pollination. There was no significant difference in the quality of fruits from pollination treatments. Seed germination is low. The main pollinator is the hummingbird (*Chlorostilbon lucidus*) that visits the flowers only in the morning, corroborating the ornithophilia syndrome presented by the flower. Butterflies and bees were registered as looters. The species showed continuous flowering and fruiting and correlated with climatic variables, with a mixed reproductive system that guarantees the reproductive success of the species.

**Keywords:** Caatinga; conservation; phenology; pollination; quipá.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização das áreas I, II e III, Paraíba, Brasil, onde estão inseridas as populações de <i>Tacinga inamoena</i> . Fonte: Próprio autor, 2021.....	39
<b>Figura 2.</b> Dados climáticos das áreas I (A), II (B) e III (C) no período entre 2019 e 2020, Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021. ....	41
<b>Figura 3.</b> Acompanhamento fenológico reprodutivo de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I (A), II (B) e III (C), na Paraíba/Brasil, no período de 2019 e 2020. Fonte: Próprio autor, 2021. ....	45
<b>Figura 4.</b> Frequência de visitas ao longo do dia às flores de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I (A) e II (B), Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021.....	51
<b>Figura 5.</b> Visitantes florais de <i>Tacinga inamoena</i> , com o beija-flor <i>Chlorostilbon lucidus</i> em A, <i>Trigona</i> sp. pilhando a flor em B, borboleta <i>Aphrissa statira</i> pilhando as flores em C e a borboleta <i>Indet 03</i> em D, Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021.....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Testes de correlação Spearman ( $r_s$ ) do percentual dos eventos reprodutivos de <i>Tacinga inamoena</i> e as variáveis climáticas nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil.....	46
<b>Tabela 2.</b> Biologia floral de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil. ...	47
<b>Tabela 3.</b> Biometria de (n = 100) frutos de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil.....	48
<b>Tabela 4.</b> Sucesso reprodutivo (%) de (n = 30) flores de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I e II, Paraíba, Brasil. ....	48
<b>Tabela 5.</b> Biometria dos frutos e sementes de <i>Tacinga inamoena</i> oriundos dos tratamentos de polinização nas áreas I e II, Paraíba, Brasil. ....	49
<b>Tabela 6.</b> Valores médios do teste de germinação (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes oriundas dos frutos dos tratamentos de polinização de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I e II, Paraíba, Brasil. ....	50
<b>Tabela 7.</b> Visitantes florais de <i>Tacinga inamoena</i> nas áreas I e II, Paraíba, Brasil.....	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Família Cactaceae: Biologia floral, reprodutiva e da polinização</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 O gênero <i>Tacinga</i></b> .....	<b>18</b>
<b>2.2.1 A espécie <i>Tacinga inamoena</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.2 Polinização e reprodução</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.3 Germinação de sementes</b> .....	<b>22</b>
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>24</b>
<b>BIOLOGIA FLORAL DE <i>Tacinga inamoena</i> (K. SCHUM.) N. P. TAYLOR &amp; STUPPY (CACTACEAE)</b> .....	<b>35</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>36</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>37</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
<b>2.1 Delineamento experimental e variáveis climáticas</b> .....	<b>39</b>
<b>2.2 Acompanhamento dos eventos reprodutivos</b> .....	<b>40</b>
<b>2.3 Biologia floral</b> .....	<b>41</b>
<b>2.4 Biologia dos frutos</b> .....	<b>42</b>
<b>2.5 Sucesso Reprodutivo</b> .....	<b>42</b>
<b>2.6 Visitantes florais</b> .....	<b>43</b>
<b>2.7 Análise estatística</b> .....	<b>44</b>
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
<b>3.2 Biologia floral</b> .....	<b>46</b>
<b>3.3 Biologia dos frutos</b> .....	<b>47</b>
<b>3.4 Sucesso Reprodutivo</b> .....	<b>48</b>
<b>3.5 Visitantes florais</b> .....	<b>50</b>

<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS, *sensu* (ALVES et al., 2009; PENNINGTON et al., 2009), a Caatinga é a vegetação predominante no Nordeste brasileiro, ocupando cerca de 912.529 km<sup>2</sup> de área e composta por florestas tropicais sazonais secas, com alguns fragmentos de florestas tropicais úmidas ou semidecíduas (ROTHEÁ et al., 2019). Estas florestas estão fortemente sujeitas a perturbações antrópicas e mudanças climáticas, o que acarreta profundas alterações sobre a biodiversidade, principalmente em estrutura florística e disponibilidade de recursos naturais (ALMEIDA-CORTEZ et al., 2016; RIBEIRO et al., 2015; RITO et al., 2017).

A vegetação da Caatinga é composta por aproximadamente 3.150 espécies, distribuídas em 152 famílias, com riqueza e abundância de espécies da família Cactaceae, por possuírem adaptações ao clima quente e seco (FERNANDES e QUEIROZ, 2018; NUZHYNA et al., 2018). Esta família possui aproximadamente 1.500 espécies distribuídas em 127 gêneros, dos quais muitas são espécies endêmicas de florestas com clima seco e quente (HUNT et al., 2006; NYFFELER e EGGLI, 2010). A família Cactaceae possui importância para a composição e diversidade existentes na Caatinga, com 44 espécies endêmicas (ZAPPI, 2008; ZAPPI et al., 2015).

Dentre as Cactaceae, a tribo Opuntieae é composta por sete gêneros, sendo, *Opuntia*, *Salmiopuntia*, *Tunilla*, *Brasiliopuntia*, *Miqueliopuntia*, *Consolea* e *Tacinga* (MAJURE e PUENTE, 2014). O gênero *Tacinga* possui oito espécies, das quais, sete são endêmicas do Brasil e uma da Venezuela, variando entre os portes liana, subarbuscivo e arbustivo (NASCIMENTO et al., 2015; TAYLOR e ZAPPI, 2018). As flores de *Tacinga* apresentam coloração variando entre amarelo esverdeado, amarelo, laranja e vermelho e evoluíram para polinização por beija-flores, diferindo da maioria das espécies de Opuntieae que são melitófilas (LAMBERT, 2009). Os frutos das espécies de *Tacinga* são globosos, alongados do tipo baga e de coloração variando entre amarelo e laranja, com adaptação à síndrome de dispersão por animais (MAJURE e PUENTE, 2014; SOUZA et al., 2007; TAYLOR e ZAPPI, 2004).

A espécie *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy, é conhecida popularmente por quipá, gogóia ou palmatória miúda, de porte subarbuscivo é nativa do Brasil (BARBOSA et al., 2020; MENEZES et al., 2011). Esta espécie é usada como alimento humano e forragem para os animais (PEDROSA et al., 2020), durante os

períodos de seca, onde os animais consomem as plantas inteiras, cortadas ou queimadas (LUCENA et al., 2013a).

Em alguns estudos, *T. inamoena* tem sido relatada com floração e frutificação contínuas, ocorrendo durante todo o ano, com síndrome de polinização por ornitofilia e o modo de dispersão por zoocoria (QUIRINO e MACHADO, 2006; ARAUJO e FERRAZ, 2009; LAMBERT, 2009; MAZZA et al., 2011; MAJURE et al., 2013; LEAL et al., 2017; PAIXÃO et al., 2021). Os estudos fenológicos permitem conhecer sobre a vida reprodutiva de espécies vegetais em uma ou várias áreas geográficas ao longo do tempo (NEWSTROM et al., 1994); a biologia da reprodução evidencia dados acerca da propagação, diversidade genética, distribuição, formação, manutenção e estabilidade de populações (NASCIMENTO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015).

A partir do exposto, objetivou-se estudar as fenofases reprodutivas, a biologia floral, o sistema reprodutivo e a biologia da polinização da espécie *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) em três comunidades de Caatinga no estado da Paraíba, a fim de subsidiar estratégias para conservação da espécie.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Família Cactaceae: Biologia floral, reprodutiva e da polinização

Derivada do Grego, Κάκτος, a palavra Cactaceae foi utilizada para nomear, na antiguidade, uma espécie de planta espinhosa, usada como nome genérico em 1.753 para algumas espécies de plantas da família Cactaceae por Carlos Linneo (REYES, 2009). Atualmente a família Cactaceae é dividida nas subfamílias, Cactoideae, que compõe a maior parte das espécies e diversidade de Cactaceae (NYFFELER e EGGLI, 2010); Opuntioideae que apresenta distribuição na Patagônia e América do Norte, com aproximadamente 350 espécies (ARRUDA, 2010) e Pereskioideae que é composta por 17 espécies, no Brasil estão as espécies *Pereskia aculeata* e a *P. grandifolia* (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2011).

Uma das famílias mais conhecidas do continente americano, possui aproximadamente 1.870 espécies distribuídas em 139 gêneros (HERNÁNDEZ-LEDESMA et al., 2015), ocorre preferencialmente em ambientes sob clima semiárido e árido, porém existem as epífitas que ocupam ambientes tropicais como as tribos Hylocereeae, Rhipsalideae (BARTHLOTT et al., 2015). No Brasil a família Cactaceae possui aproximadamente 474 espécies distribuídas em 82 gêneros, onde 205 espécies e 78 subespécies são endêmicas (ZAPPI et al., 2015; ZAPPI e TAYLOR, 2021), isto torna o país o terceiro centro de diversidade de Cactaceae do mundo (TAYLOR e ZAPPI, 2004, 2018). Esta família ocorre em todos os estados do Brasil e o Distrito Federal, com maior abundância na Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado e Pampa, respectivamente (GONZAGA et al., 2019; MENEZES et al., 2011; TAYLOR e ZAPPI, 2004). Na Caatinga paraibana a família Cactaceae é uma das mais representativas, principalmente com as espécies dos gêneros *Tacinga* e *Pilosocereus* (BARBOSA et al., 2017).

Nos ambientes de Caatinga as Cactáceas possuem diversas formas de usos pelas comunidades locais, variando em diferentes categorias, como alimentação animal, construção civil, madeira para geração de energia, religioso, ornamental e medicinal (LIMA-NASCIMENTO et al., 2019; LUCENA et al., 2015; MARÍN e NUNES, 2014; PEDROSA et al., 2020). Estas espécies possuem adaptações morfológicas aos ambientes de clima árido e semiárido que garantem sua sobrevivência e geração de recursos para a fauna nativa, principalmente nos períodos de secas sazonais na Caatinga (GOMES e QUIRINO, 2016; GOMES et al., 2014; LIMA e MELO, 2015; NASCIMENTO et al.,

2018; SILVA e RODAL, 2009). No entanto, o uso inadequado destas espécies relacionado com a forte pressão antrópica resultam em graves consequências, como a diminuição dos recursos disponíveis para fauna nativa, principalmente nos períodos de seca, aumentando o risco de extinção local das espécies de Cactaceae (BATISTA et al., 2018; GOETTSCHE et al., 2015; MENEZES e RIBEIRO-SILVA, 2015; SILVA et al., 2011; ZAPPI e TAYLOR, 2021).

As características morfológicas das cactáceas envolvem presença de espinhos, ovário interno inferior ao receptáculo floral, ausência de folhas em grande parte das espécies, caule de coloração verde, suculentos e fotossintetizantes com adaptação para ambientes áridos e semiáridos (ARIAS, 2009). As flores das cactáceas surgem nas aréolas presentes no caule, geralmente são localizadas sozinhas, mas podem formar inflorescências, a antese é noturna e diurna, suas flores são predominantemente actinomorfas de tamanho grande (LOPES, 2012; ZAPPI e TAYLOR, 2017). As características morfológicas e funcionais das flores de Cactaceae geralmente são adaptadas para uma grande diversidade de animais, dos quais, morcegos, insetos e aves são os mais presentes nas espécies nativas da Caatinga (CASAS et al., 1999; PEREIRA et al., 2021). Estudos mostram que as flores das cactáceas são polinizadas por morcegos, aves, mariposas, borboletas e abelhas (LAVOR e BRITO-RAMOS, 2016; LEAL et al., 2017; LOCATELLI e MACHADO, 1999; LOPES, 2012; NOLASCO et al., 2011; PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020), no entanto, considerando o número de espécies dessa família ocorrentes no Brasil ainda são necessários mais estudos que ampliem o conhecimento acerca da biologia da polinização destas espécies (LAVOR e BRITO-RAMOS, 2016).

O sistema reprodutivo das cactáceas em sua maioria são classificados como xenogâmicas e autógamas (COSTA et al., 2020b; HENRIQUE et al., 2016; LEANDRO, 2013; LOPES, 2012; MAJEED et al., 2020; NASSAR et al., 2007). Os estudos acerca da reprodução das cactáceas são de grande importância, principalmente por evidenciarem dados sobre propagação, diversidade genética, distribuição, formação, estabilidade e manutenção de suas populações na Caatinga (RIBEIRO et al., 2015).

As cactáceas na Caatinga são polinizadas e dispersas por agentes bióticos, consequentemente estas espécies são importantes para sobrevivência dos diversos grupos de animais presentes nesse e também nos outros ecossistemas onde estas espécies ocorrem (ALMEIDA-CORTEZ, 2004; CARVALHO et al., 2019; GOMES et al., 2017; MARIN, 2016; PEREIRA et al., 2021; PIMIENTA-BARRIOS, 1994; SANTOS et al.,

2019). Os frutos das cactáceas são consumidos em sua grande maioria por aves, estes frutos geralmente são carnosos, suculentos, quando maduros apresentam coloração variando entre magenta, roxo, amarelo e laranja, estas cores indicam a pós maturação, possuem aroma, formas e tamanhos característicos que atraem os animais frugívoros (COELHO et al., 2020; GOMES e QUIRINO, 2016; GONZÁLEZ-ESPINOSA e QUINTANA-ASCENCIO, 1986; LEAL, 2003; PEREIRA et al., 2019; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2007; TAYLOR e ZAPPI, 2004). Estas espécies são uma importante fonte de alimento para vários grupos de animais, principalmente por estas espécies ocorrerem em ambientes de clima árido e semiárido, como é o caso da Caatinga, que passa por períodos sazonais de seca e baixa disponibilidade natural de alimento (LEAL et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2015; PEREIRA et al., 2019; SILVA e RODAL, 2009; TERBORGH, 1986).

As fenofases de floração e frutificação das cactáceas podem estar relacionadas com fatores climáticos, principalmente com pluviosidade, com picos de floração e frutificação ocorrendo em períodos diferente, os padrões fenológicos variando entre anual, subanual e contínuas (ARBA et al., 2017; BAGATINI e KLABUNDE, 2019; COLAÇO et al., 2006; COSTA et al., 2020a; FERREIRA e SIGRIST, 2016; FONSECA et al., 2008; LOCATELLI e MACHADO, 1999; LOPES, 2012; QUIRINO, 2006; ROCHA et al., 2007, 2009). No entanto, ainda são incipientes os estudos com as fenofases reprodutivas em diferentes áreas ao longo do tempo e sua correlação com os fatores climáticos em ambientes sazonais de Caatinga.

## 2.2 O gênero *Tacinga*

Pertencente a tribo Opuntieae que é composta por sete gêneros, sendo, *Opuntia*, *Salmiopuntia*, *Tunilla*, *Brasiliopuntia*, *Miqueliopuntia*, *Consolea* e *Tacinga* (MAJURE e PUENTE, 2014). Este gênero foi descrito em 1919 por Britton e Rose, que o distinguiram dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* por suas características morfológicas, como pétalas com curvas para fora, presença de estames estéreis (estaminódios), caule cilíndrico e hábito de crescimento (LAMBERT, 2009).

O gênero *Tacinga* é composto por oito espécies sendo, *T. braunii* (Esteves), *T. funalis* (Britton & Rose), *T. inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy, *T. palmadora* (Britton & Rose) N. P. Taylor & Stuppy, *T. quipa* (F. A. C. Weber) N. P. Taylor & Stuppy, *T. saxatilis* (Ritter) N. P. Taylor & Stuppy, *T. subcylindrica* (M. Machado & N. P. Taylor), *T. wernerii* (Eggl) N. P. Taylor & Stuppy e a espécie *T. lilae* (Trujillo & Marisela

Ponce) que é endêmica da Venezuela (ARAÚJO, 2019; GRIFFITH e PORTER, 2009; LAMBERT, 2009; MAJURE e PUENTE, 2014; OLIVEIRA et al., 2019; ZAPPI e TAYLOR, 2021). Também existe uma subespécie de *T. inamoena*, a *T. inamoena* subsp. *subcylindrica* (M. Machado & N. P. Taylor) (MACHADO e TAYLOR, 2003) e um híbrido entre *T. inamoena* e *T. palmadora*, o *T. x quipá* que foi encontrado recentemente em condição fértil na Caatinga do estado da Paraíba (TAYLOR e ZAPPI, 2018). Alguns estudos revelam que a origem do gênero *Tacinga* pode provavelmente ser na Caatinga (MAJURE et al., 2013; MENEZES et al., 2011).

As espécies de *Tacinga* geralmente são utilizadas como alimento forrageiro nos períodos sazonais de seca na Caatinga, como planta medicinal e ornamental (CARVALHO, 2016; CAVALCANTE et al., 2017; LUCENA et al., 2013a; PEDROSA et al., 2020). As formas de usos dessas espécies estão relacionadas a forte pressão antrópica que sofrem na Caatinga, principalmente pelo desmatamento e uso intensivo na pecuária (LUCENA et al., 2013b; PEDROSA et al., 2020).

Os estudos sobre a fenologia, biologia da reprodução e polinização, ainda são incipientes para o gênero *Tacinga* (LOCATELLI e MACHADO, 1999; QUIRINO, 2006). No entanto são necessários trabalhos científicos que possam ampliar o conhecimento acerca da sobrevivência de *Tacinga* e sua relação com os fatores bióticos e abióticos na Caatinga.

### **2.2.1 A espécie *Tacinga inamoena***

A espécie *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P. Taylor & Stuppy, é conhecida popularmente por quipá, gogóia ou palmatória miúda, de porte subarbusto e nativa do Brasil com distribuição na Caatinga (MEIADO et al., 2015). Esta espécie foi descrita pela primeira vez em 1.890 como *Opuntia inamoena* por Karl Schumann em sua *Flora Brasiliensis* (LAMBERT, 2009).

A espécie *T. inamoena* apresenta cladódios do tipo globoso achatado com altura média variando 0,3 e 0,8 m, com hábito arbusto e fruto do tipo baga (QUIRINO e MACHADO, 2014, 2006). A flor de *T. inamoena* possui em sua estrutura o cálice, corola, androceu e gineceu, de antese diurna, com coloração vermelha, o recurso disponível é o néctar, e síndrome de polinização por meio da psicofilia e ornitofilia (LAVOR e BRITORAMOS, 2016; VIEIRA e FONSECA, 2014). A espécie *T. inamoena* se desenvolve em ambientes com diversos tipos de solo, afloramentos rochosos e com distribuição agregada na Caatinga (BARBOSA et al., 2020; LAMBERT, 2009).

A espécie *T. inamoena* é utilizada como alimento humano e forragem para os animais nos períodos de secas sazonais, onde são consumidas as plantas inteiras, cortadas ou queimadas (LUCENA et al., 2013a; PEDROSA et al., 2020). Os frutos *in natura* de *T. inamoena* são usados de forma medicinal para tratamento de infecções gripais e respiratórias (CARVALHO, 2016). Alguns estudos envolvendo *T. inamoena* avaliaram os eventos fenológicos, polinização e germinação (GOMES e QUIRINO, 2016; GUEDES et al., 2008; LAS-CASAS, 2009; MEIADO, 2013; MEIADO e LEAL, 2012; NASCIMENTO et al., 2015; NOLASCO et al., 2011; OLIVEIRA e SILVA, 2014; PAIXÃO et al., 2021; RENATO et al., 2016).

### 2.2.2 Polinização e reprodução

A espécie *T. inamoena* apresenta sazonalidade na fenofase de floração que tem início na estação chuvosa, pico durante a estação seca, com aproximadamente 80% dos indivíduos da espécie em floração e finaliza na estação seca do ano seguinte, a floração da espécie possui correlação significativa entre o número de indivíduos em fenofase de floração e a precipitação, a frutificação ocorre nos meses mais secos, no entanto se estende ao longo de todo o ano, a floração e frutificação são contínuas com duração longa, com suas flores em antese na estação seca (PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020; QUIRINO e MACHADO, 2014, 2006). Segundo Zappi et al., (2011) a frutificação da espécie ocorre por um longo período durante a estação seca, caracterizando numa importante fonte de alimento para a fauna. Em duas áreas de Caatinga, no estado da Bahia e do Pernambuco, a espécie *T. inamoena* apresentou a fenofase de floração nas estações chuvosa e seca e a fenofase de frutificação apenas na estação seca em ambas as áreas, e a espécie *T. palmadora* com frutificação na estação chuvosa e seca (ARAUJO e FERRAZ, 2009). A espécie *T. palmadora* apresenta as fenofases de floração e frutificação durante a estação seca (LIMA, 2007; LOCATELLI e MACHADO, 1999).

As flores de *T. inamoena* são tubular, com tépalas de coloração variando entre verde, vermelho e laranja, estames eretos, de coloração variando desde o amarelo esverdeado, laranja e vermelho medindo 20 mm de comprimento, estilete com 30-40 mm de comprimento, estas flores levam em média 25 dias até o início da antese (LAMBERT, 2009; MAJURE et al., 2013; PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020; QUIRINO e MACHADO, 2014, 2006). As flores de *T. palmadora* são em forma de tubo, de coloração vermelha, com corola medindo 12-15 mm de diâmetro, o carpelo mede 20-30 mm, estilete com 22 mm de comprimento, com aproximadamente 300 estames que medem 15 mm de

comprimento e com 97% de viabilidade polínica, possui aproximadamente 35 óvulos por flor, com antese diurna iniciada por volta das 5h30min da manhã com estigma receptivo neste horário, no entanto durante a noite o estigma não fica receptivo e não tem produção de néctar, os estames ficam voltados para cima, o néctar é mais abundante durante o período da manhã com 15-25  $\mu$ L, a concentração de açúcares no néctar varia entre 23 e 30% (LOCATELLI e MACHADO, 1999; PEIXOTO et al., 2016).

As espécies *T. inamoena* e *T. palmadora* apresentam antese diurna com flores de coloração vermelha, o recurso disponível é o néctar que não apresenta odor, a síndrome de polinização ocorre por meio da psicofilia e ornitofilia (LAVOR e BRITO-RAMOS, 2016). No entanto os poucos estudos revelam que as flores das espécies de Tacinga são polinizadas por beija flores, ou seja, pelo modo ornitofilia (LAS-CASAS, 2009; LOCATELLI e MACHADO, 1999; MAJURE et al., 2013; QUIRINO e MACHADO, 2006; TAYLOR e ZAPPI, 2018). As espécies de beija flores *Anopetia gounellei*, *Chlorostilbon lucidus*, *Eupetomena macroura* realizam visitas em *T. inamoena*, e como polinizador mais efetivo a espécie *Chlorostilbon lucidus* para *T. inamoena* e *T. palmadora*, estas espécies são os recursos mais importantes para esses beija flores na Caatinga (LAS-CASAS, 2009; LEAL et al., 2017; LOCATELLI e MACHADO, 1999; RIBEIRO e LEAL, 2011). Entretanto as flores da espécie *T. inamoena* subsp. *subcylindrica* são frequentemente visitadas por beija flores e borboletas (MACHADO e TAYLOR, 2003). O lagarto *Tropidurus hispidus* realiza florivoria em *T. inamoena*, que está relacionado com porte da planta facilitando o acesso do lagarto as flores da espécie, isto tem influência sobre o sucesso reprodutivo da espécie (PAIXÃO e GOMES; VENTICINQUE, 2021; PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020).

Com relação ao sistema reprodutivo das espécies de Tacinga, existe apenas um estudo que foi realizado por Locatelli e Machado, (1999) com *T. palmadora*, confirmado que a espécie é auto compatível e classificada como xenogâmica facultativa. O sucesso da reprodução sexuada depende principalmente da qualidade e viabilidade do pólen quando entra em contato com estigma (RECH et al., 2014). Os estudos sobre o sistema reprodutivo, o percentual de viabilidade do pólen e a razão pólen:óvulo (P:O) são importantes por revelarem informações acerca da vida reprodutiva de espécies de *Tacinga*.

### 2.2.3 Germinação de sementes

Os frutos de *T. palmadora* são do tipo baga, com polpa carnosa de coloração vináceo, possuem aproximadamente 10-40 sementes, com 30 mm de comprimento e 20-30 mm de diâmetro, e a maturação dos frutos dura em torno de 60 dias, e os frutos de *T. inamoena* são ovóide do tipo baga, contém polpa funicular e 10-20 sementes, com 30 mm de comprimento, nutricionalmente contém os minerais cálcio, magnésio e potássio, quando maduros apresentam coloração variando entre amarelo e laranja que são um atrativo aos visitantes frugívoros (LEAL et al., 2007; LOCATELLI e MACHADO, 1999; MEIADO et al., 2012; PEIXOTO et al., 2016; SILVA e RODAL, 2009; SOUZA et al., 2007). Segundo Griz e Machado, (2001), nas espécies *T. inamoena* e *T. palmadora* a síndrome de dispersão é por zoocoria, no entanto espécie *T. inamoena* tem a dispersão facilitada por seus frutos estarem muito próximos ao solo, isto facilita o acesso de lagartos aos frutos, entretanto os autores indicam que a dispersão é realizada por lagartos, mas não evidenciam quais as espécies e as mais efetivas. No entanto foram encontradas sementes de *T. inamoena* em fezes das espécies *Thectocercus acuticaudatus* e *Anodorhynchus leari* na Caatinga (BLANCO et al., 2016). A espécie *T. palmadora* pode ser dispersa por formigas na Caatinga (LEAL, 2003). No entanto, segundo Paixão e Venticinque, (2020) após longas horas de observação numa área de Caatinga, não foi detectado visitantes frugívoros para *T. inamoena*, os autores justificam esta ausência como provável indicação de extinção dos visitantes frugívoros no local de observação, com motivo da extinção relacionado com ações antrópicas.

Em áreas de Caatinga as espécies *T. palmadora* e *T. inamoena* possuem mais indivíduos clonais do que indivíduos formados a partir da reprodução sexuada, com aproximadamente 70 e 85% respectivamente de indivíduos clonais, isto pode estar relacionado a baixa efetividade dos seus dispersores e germinação das sementes (RIBEIRO et al., 2015). A germinação das sementes de *T. inamoena* após endozoocoria por *Chelonoidis carbonaria*, foi inferior a 35% e as sementes que não passaram pelo processo de endozoocoria apresentaram germinação inferior a 30%, neste caso a endozoocoria não influenciou a germinação das sementes, o tempo médio para início de germinação das sementes variou entre 19 a 21 dias, neste caso a endozoocoria também não influenciou o início da germinação e os índices de velocidade e sincronia de germinação (NASCIMENTO et al., 2015).

As espécies de Tacinga (*T. inamoena*, *T. funalis*, *T. palmadora* e *T. saxatilis*) não germinam nas temperaturas 10 e 45 °C, estas atingem germinação inferior a 50% nas

temperaturas 15, 20, 25, 35 e 40 °C, com temperatura ideal para germinação das sementes destas espécies sendo 30°C, e para *T. inamoena* as temperaturas 30 e 35 °C, mesmo na temperatura ideal estas espécies não atingem 50% de germinação, entretanto essa faixa de temperatura (30 e 35 °C) também é ideal para outras espécies de Cactaceae, a germinação das sementes de *T. inamoena* é baixa, aproximadamente 30% após a maturação dos frutos, com suas sementes apresentando maior percentagem de germinação ao longo do tempo quando enterradas em áreas abertas, formando bancos de sementes, essa é uma característica comum para as espécies de Tacinga, onde a germinação aumenta ao longo do tempo, a polpa não influencia na germinação das suas sementes. (MEIADO e LEAL, 2012; MEIADO et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2015). O baixo percentual de germinação das sementes de *T. inamoena* poderia ser devido a uma dormência tegumentar, porém, nenhum tratamento para quebra de dormência foi eficaz, indicando que as sementes não apresentam dormência tegumentar, provavelmente o baixo percentual de germinação deve estar relacionado a ausência de embrião em algumas sementes (GUEDES et al., 2008 Apud NASCIMENTO et al., 2015).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. DE et al. Floristic survey of the Caatinga in areas with different grazing intensities, Pernambuco, Northeast Brazil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 1, n. 1, p. 43–51, 2016.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Dispersão e banco de sementes. In: ARTMED (Eds). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 225–235.

ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. DO; SOUZA, E. N. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 1, n. 17, p. 139–152, 2009.

ARAÚJO, A. F. ET AL. **As Regiões Semiáridas e suas Especificidades 2**. 2. ed. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2019.

ARAÚJO, G. M. DE; FERRAZ, E. M. N. **Matas ciliares da caatinga: florística, processo de germinação e sua importância na restauração de áreas degradadas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco 70p.

ARBA, M. et al. Biology, flowering and fruiting of the *Cactus opuntia* spp.: A review and some observations on three varieties in Morocco. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 60, 2017.

ARIAS, S. La familia Cactaceae. In: LOT, A.; CANO-SANTANA, Z. (Eds). **Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel**. 1. ed. México: UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, 2009. v. 1, p. 135–141.

ARRUDA, E. C. P. DE. **Histogênese de segmentos caulinares de espécies de Opuntioideae (Cactaceae)**. 2010. Tese (Doutorado em Anatomia Vegetal). Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 141p.

BAGATINI, K. P.; KLABUNDE, D. Fenologia reprodutiva de *Cereus hildmannianus* K. Schum. (Cactaceae) Reproductive phenology of *Cereus hildmannianus* K. Schum.

(Cactaceae). **Unoesc & Ciência - ACBS**, v. 10, n. 2, p. 145–154, 2019.

BARBOSA, A. DA S. et al. Estrutura e padrão espacial de *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) em vegetação de Caatinga conservada. **Caderno de Pesquisa**, v. 29, n. 2, 2017.

BARBOSA, A. DA S. et al. Análise populacional de *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy numa Caatinga Hiperxerófila. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e589119516, 2020.

BARTHLOTT, W. K. et al. **Biogeography and Biodiversity of Cacti**. 7. ed. Germany: Schumannia 7, 2015, 205p.

BATISTA, F. R. C. et al. **Cactário Guimarães Duque: espécies da coleção científica do INSA**. 1. ed. Campina Grande: INSA, 2018, 229p.

BLANCO, G. et al. Internal seed dispersal by parrots: An overview of a neglected mutualism. **PeerJ**, v. 2016, n. 2, p. e1688, 2016.

CARVALHO, T. K. N. **Conhecimento botânico local e distribuição de Cactaceae no semiárido da Paraíba (Nordeste do Brasil)**. 2016. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 109p.

CARVALHO, T. K. N. et al. Local botanical knowledge of cacti in the semi-arid region of Paraíba, northeastern Brazil. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 18, p. 1–14, 2019.

CASAS, A. et al. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. **American Journal of Botany**, v. 86, n. 4, p. 534–542, 1999.

CAVALCANTE, M. Z. B. et al. Potencial ornamental de espécies do Bioma Caatinga. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 43–58, 2017.

COELHO, R. R. P. et al. Características tecnológicas de frutos do quipá (*Tacinga inamoena*) em 3 estádios de maturação. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1388–1398, 2020.

- COLAÇO, M. A. S. et al. Biologia reprodutiva de *Melocactus glaucescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae), na Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 2, p. 239–249, 2006.
- COSTA, P. M. DE A. et al. Fenofases reprodutivas em uma população de mandacaru (*Cereus jamacaru*) e facheiro (*Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucensis*) (Cactaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30536–30545, 2020a.
- COSTA, P. M. DE A. et al. Pollen viability and floral biology of Mandacaru (*Cereus jamacaru* (DC) (Cactaceae)). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e997986671, 2020b.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. DE. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 51–56, 2018.
- FERREIRA, B. H. DOS S.; SIGRIST, M. R. **Fenologia reprodutiva, polinização e sistema de reprodução de três espécies sincronopátricas de Cactaceae (Cactoideae) em remanescente de Chaco brasileiro**. 2016. Dissertação. (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 67p.
- FONSECA, R. B. S.; FUNCH, L. S.; BORBA, E. L. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 2, p. 237–244, 2008.
- GOETTSCHE, B. et al. High proportion of cactus species threatened with extinction. **Nature Plants**, v. 1, n. 10, p. 15142, 2015.
- GOMES, V. G. N. et al. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. **Plant Ecology**, v. 218, n. 11–12, p. 1325–1338, 2017.
- GOMES, V. G. N.; QUIRINO, Z. G. M. Seed dispersal syndromes of species occurring in the Cariri of Paraíba region. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 4, p. 1157–1167, 2016.
- GOMES, V. G. N.; QUIRINO, Z. G. M.; MACHADO, I. C. Pollination and seed dispersal of *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii* (Cactaceae) by lizards: An example of

double mutualism. **Plant Biology**, v. 16, n. 2, p. 315–322, 2014.

GONZAGA, D. R.; PEIXOTO, A. L.; NETO, L. M. Patterns of richness and distribution of cactaceae in the serra da mantiqueira, southeast Brazil, and implications for its conservation. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 1, p. 97–105, 2019.

GONZÁLEZ-ESPINOSA, M.; QUINTANA-ASCENCIO, P. F. Seed predation and dispersal in a dominant desert plant: *Opuntia*, ants, birds, and mammals. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Eds). **Frugivores and seed dispersal**. Springer, 1986. p. 273–284.

GRIFFITH, M. P.; PORTER, J. M. Phylogeny of *Opuntioideae* (Cactaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 170, n. 1, p. 107–116, 2009.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 2, p. 303–321, 2001.

GUEDES, R. G. et al. Germinação de sementes de *Opuntia inamoena* Schum após tratamentos para superar a dormência. **BioFar**, v. 3, n. 1, p. 66–74, 2008.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T. et al. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). **American Journal of Botany**, v. 98, n. 1, p. 44–61, 2011.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, P. et al. A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the angiosperm order caryophyllales. **Willdenowia**, v. 45, n. 3, p. 281–383, 2015.

HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. **The new cactus lexicon: descriptions and illustrations of the cactus family**. 2006. Milborne Port, UK: David Hunt Books.

KOYAMA, C. N. et al. Mapping the spatial-temporal variability of tropical forests by ALOS-2 L-band SAR big data analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 233, p. 111372, 2019.

LAMBERT, S. M. Tacinga. **Cactus and Succulent Journal**, v. 81, n. 3, p. 156–161, 2009.

LAS-CASAS, F. M. G. **Guildas de beija-flores (Aves: Trochilidae) em uma área de Caatinga, no Estado de Pernambuco**. 2009. Dissertação. (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 44p.

LAVOR, D. T. DE; BRITO-RAMOS, A. B. Estudo preliminar das síndromes de polinização em um fragmento de Caatinga, PE, Brasil. **Biotemas**, v. 29, n. 4, p. 19, 2016.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; CARDOSO, J. M. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. RECIFE - PE: UFPE, 2003. p. 593–624.

LEAL, I. R. et al. Plant-animal interactions in the Caatinga: Overview and perspectives. In: **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer International Publishing, 2017. p. 255–278.

LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed dispersal by ants in the semi-arid caatinga of north-east Brazil. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 885–894, 2007.

LEANDRO, C. M. **Biologia reprodutiva de duas espécies de Cactaceae, pertencentes ao gênero Cipocereus no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais**. 2013. Dissertação. (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG, 56p.

LIMA-NASCIMENTO, A. M. et al. Ethnobotany of native cacti in the northeast region of Brazil: Can traditional use influence availability? **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 2, p. 350–359, 2019.

LIMA, A. L. A. DE. **Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semi-árido do nordeste do Brasil**. 2007. Dissertação (Mestre em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 71p.

LIMA, E. A. DE; MELO, J. I. M. DE. Biological spectrum and dispersal syndromes in an area of the semiarid region of North-Eastern Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 37, n. 1, p. 91–100, 2015.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. S. Comparative Study of the Floral Biology in Two Ornithophilous Species of Cactaceae: *Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*.

**Bradleya**, v. 17, n. 17, p. 75–85, 1999.

LOPES, L. T. **Fenologia, biologia reprodutiva, germinação e desenvolvimento inicial de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N. P. Taylor & Zappi (Cactaceae) no planalto de Diamantina-MG**. 2012. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) DIAMANTINA-MG: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina - MG, 91p.

LUCENA, C. M. et al. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, n. 1, 2013a.

LUCENA, C. M. et al. Conhecimento Botânico Tradicional sobre Cactáceas no Semiárido do Brasil. **Conhecimento Botânico Tradicional sobre Cactáceas no Semiárido do Brasil**, v. 9, n. 2, p. 77–90, 2015.

MACHADO, M.; TAYLOR, N. A new subspecies of *Tacinga inamoena* (Cactaceae) from eastern Bahia, Brazil. **Bradleya**, v. 21, n. 21, p. 13–16, 2003.

MAJEED, S. et al. Pollen morphological investigations of family Cactaceae and its taxonomic implication by light microscopy and scanning electron microscopy. **Microscopy Research and Technique**, v. 83, n. 7, p. 767–777, 2020.

MAJURE, L. C. et al. *Opuntia lilae*, Another Tacinga Hidden in *Opuntia* s.l. (Cactaceae). **Systematic Botany**, v. 38, n. 2, p. 444–450, 2013.

MAJURE, L.; PUENTE, R. Phylogenetic relationships and morphological evolution in *Opuntia* S. Str. and closely related members of tribe Opuntieae. **Succulent Plant Research**, v. 8, p. 9–30, 2014.

MARÍN, E. A.; NUNES, E. N. Medicinal potential of cacti in the semiarid region of Northeastern Brazil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 2, p. 36–50, 2014.

MARIN, G. Ornithofrugivory in *Stenocereus griseus* and *Cereus repandus* (Cactaceae) during the rainy season in a coastal xeric habitat in northeastern Venezuela. **The Biologist**, v. 14, n. 2, p. 401–414, 2016.

MAZZA, M. C. M.; DOS SANTOS, J. E.; MAZZA, C. A. DA S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 565–

574, 2011.

MEIADO, M. V. et al. Diaspore of the caatinga: a review. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (ORG. ). (Eds). **Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation**. Rio de Janeiro - RJ, 2012, p. 306–365.

MEIADO, M. V. Propagação sexual e assexual estruturando Populações de *Tacinga palmadora* (Britton & rose) N. P. Taylor & Stuppy, um cacto endêmico da caatinga. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 9, n. 2, p. 6–13, 2013.

MEIADO, M. V.; LEAL, I. R. **Germinação de cactos do nordeste do brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 143p.

MEIADO, M. V. et al. Ecological attributes , geographic distribution and endemism of cacti from the São Francisco watershed. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 265–305, 2015.

MENEZES, M. O. T. et al. Diversity and distribution of Cactaceae in Ceará state, northeastern Brazil. **Bradleya**, 2011.

MENEZES, M. O. T.; RIBEIRO-SILVA, S. Cactáceas do Ceará, Brasil: prioridades para a conservação. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 1, p. 67–76, 2015.

NASCIMENTO, J. P. B. et al. Germinação de Sementes de *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) após Endozoocoria por *Chelonoidis carbonaria* (S Pix, 1824) (Reptilia: Testudinidae). **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 9–14, 2015.

NASCIMENTO, J. P. B.; MEIADO, M. V.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Seed germination of three endangered subspecies of *Discocactus Pfeiff.* (Cactaceae) in response to environmental factors. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 253–262, 2018.

NASSAR, J. M. et al. Reproductive biology and mating system estimates of two Andean Melocacti, *Melocactus schatzlii* and *M. andinus* (Cactaceae). **Annals of Botany**, v. 99, n. 1, p. 29–38, 2007.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141, 1994.

NOLASCO, E.; MACHADO, C.; MOURA, A. As Espécies de plantas visitadas pelo Beija-Flor-de-Bico-Vermelho, *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812) (Trochilidae) em uma área de Caatinga em Morro do Chapéu, Bahia. **Seminário de Iniciação Científica da UEFS**, p. 58–61, 2011.

NUZHYNNA, N. et al. Anatomically distinct representatives of Cactaceae Juss. family have different response to acute heat shock stress. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 242, p. 137–145, 2018.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. A farewell to dated ideas and concepts: molecular phylogenetics and a revised suprageneric classification of the family Cactaceae. **Schumannia**, v. 6, n. 1, p. 109–149, 2010.

OLIVEIRA, M. T. P. DE; SILVA, J. L. S. Incidência luminosa e investimento o reprodutivo de *Tacinga inamoena* K. Schum (Cactaceae). In: RIBEIRO NETO, J. D. (Eds). **Ecologia da Caatinga: Curso de Campo**. 1. ed. RECIFE-PE: Coordenadores, 2014. v. 1p. 256–257.

OLIVEIRA, I. S. DA S. et al. Floral Biology and Pollen Viability of *Passiflora edulis* Sims. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1–9, 27, 2019.

PAIXÃO, V. H. F.; GOMES, V. G. N.; VENTICINQUE, E. M. Florivory by lizards on *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) in the Brazilian Caatinga. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 2, 2021.

PAIXÃO, V. H. F.; VENTICINQUE, E. M. **Interactions between cacti and vertebrates at Caatinga, tropical dry forest in northeastern Brazil**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 93p.

PEDROSA, K. M. et al. Knowledge and use of cactaceae in rural communities in the semiarid region of Paraíba, northeastern Brazil. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 20, p. 1–12, 2020.

PEIXOTO, M. R. et al. Cactus survey at the Floresta Nacional of Contendas do Sincorá, Bahia, Brazil. **Bradleya**, v. 34, n. 34, p. 38–54, 2016.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody Plant Diversity,

Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 437–457, 2009.

PEREIRA, I. M. S.; RIBEIRO, J. R.; LAS-CASAS, F. M. G. Frugivoria por aves em quatro espécies de Cactaceae na Caatinga, uma floresta seca no Brasil. p. 1–10, 2019.

PEREIRA, M. R. DA S. et al. Visitantes florais em duas espécies do gênero *Pilosocereus* (Cactaceae Juss.) em área de Caatinga. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 584–600, 2021.

PIMIEN-TA-BARRIOS, E. Prickly pear (*Opuntia* spp.): A valuable fruit crop for the Semi-Arid lands of Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 28, n. 1, p. 1–11, 1994.

QUIRINO, Z. G. M.; MACHADO, I. C. Síndromes de polinização e sazonalidade dos recursos florais em uma comunidade vegetal na Caatinga Paraibana, Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 62–71, 2014.

QUIRINO, Z. G. M.; MACHADO, I. C. S. **Fenologia, síndromes de polinização e dispersão e recursos florais de uma comunidade de caatinga no cariri paraibano**. 2006. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 153p.

RECH, A. R. et al. **Biologia da Polinização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014.

RENATO, L. D. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy fruit during maturation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 17, p. 1511–1518, 2016.

REYES, S. J. Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. **SEMARNAT. Comisión Nacional Forestal. México, D.F.**, p. 108, 2009.

RIBEIRO, E. M. DOS S.; LEAL, I. R. **Influência de perturbações antrópicas sobre populações de cactáceas em áreas de Caatinga**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 55p.

RIBEIRO, E. M. S. et al. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v.

52, n. 3, p. 611–620, 2015.

RIBEIRO, E. M. S.; MEIADO, M. V; LEAL, I. R. The role of clonal and sexual spread in cacti species dominance at the Brazilian Caatinga. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 27–33, 2015.

RITO, K. F. et al. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 828–838, 2017.

ROCHA, E.A.; MACHADO, I.C.S.; ZAPPI, D.C. **Fenologia, biologia da polinização e da reprodução de *Pilosocereus Byles & G D Rowley* (Cactaceae) no nordeste do Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 188p.

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 Brazil . **Bradleya**, v. 25, n. 25, p. 129–144, 2007.

ROTHEÁ, R. R. A. D. et al. Treehopper (Membracidae, auchenorrhyncha) assemblages in four semi-arid areas of caatinga of northeast brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, 2019.

SANTOS, L. D. N. et al. Frugivory by birds in four species of cactaceae in the caatinga, a dry forest in Brazil. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 109, 2019.

SILVA, S. R. et al. **Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversid, 2011.

SILVA, A. C. DA C.; PRATA, A. P. DO N.; MELLO, A. A. DE. **Guia de campo: flores e frutos da caatinga no Monumento Natural Grota do Angico**. 1. ed. PerSe, 2014, 168p.

SILVA, M. C. N. A. DA; RODAL, M. J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1040–1047, 2009.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v. 16, p. 217–232, 2009.

SOUZA, A. C. M. DE et al. Características físicas, químicas e organolépticas de quipá (*Tacinga inamoena*, Cactaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 292–295, 2007.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. **Cacti of eastern Brazil**. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, 2004, 511p.

TAYLOR, N.; ZAPPI, D. Additions and corrections to ‘Cacti of Eastern Brazil’. **Bradleya**, v. 36, n. 36, p. 2–21, 2018.

TERBORGH, J. Community aspects of frugivory in tropical forests. In: **Springer**. p. 371–384, 1986.

VIEIRA, M. F.; FONSECA, R. S. **Biologia reprodutiva em angiospermas : síndromes florais, polinizações e sistemas reprodutivos sexuados**. Série conher. Viçosa-MG: UFV, 2014, 34p.

ZAPPI, D. Fitofisionomia da Caatinga associada à Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1–2, p. 34–38, 2008.

ZAPPI, D. et al. Aspectos ecológicos e Biologia reprodutiva. In: SILVA, S. R. et al. (Eds). **Plano de Ação. Nacional para a Conservação das Cactáceas - Série Espécies Ameaçadas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio: Série espécies ameaçadas, 2011. v. 24, p. 36–41.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.

ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. P. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Cactaceae. **Rodriguésia**, v. 68, n. 3, p. 925–929, 2017.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. P. **Cactaceae in Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB70>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P. TAYLOR &  
STUPPY (CACTACEAE)

**BIOLOGIA FLORAL DE *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) N. P. TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)**

COSTA, Paulo Marks de Araújo; SOUZA, Vênia Camelo de; ARAÚJO, Lenyneves Duarte Alvino de; AZEREDO, Gilvaneide Alves de; MELO, Thiago de Sousa; QUIRINO, Zelma Glebya Maciel

**RESUMO**

A família Cactaceae é uma das mais importantes fontes de recursos existentes nos ambientes áridos e semiáridos, principalmente para os visitantes florais que vivem nestes ambientes. A biologia da polinização é importante, principalmente por revelarem peculiaridades sobre a vida das flores e seus visitantes florais. Com isso, objetivou-se caracterizar a biologia reprodutiva de *Tacinga inamoena* na Caatinga Paraibana. Este estudo foi realizado em populações de *T. inamoena* localizadas em três áreas distribuídas em três microrregiões da Paraíba, Brasil. Para definição das fenofases foi adotada a descrição da intensidade do evento fenológico e o índice de sincronia de floração foi calculado para cada população. Para aferir a relação dos eventos fenológicos com as variáveis climáticas, foi aplicado o coeficiente de correlação de Spearman, testes de Kruskal Wall e Nemenyi. Foram realizadas análises da biologia floral e reprodutiva, bem como a observação e registro da riqueza, abundância e frequência dos visitantes florais. A espécie apresenta eventos de floração e frutificação com baixa sincronia e apresentam correlação significativa com fatores ambientais. As flores de *T. inamoena* são de antese diurna, de coloração vermelha, actinomorfa com ovário ínfero e epígina, ofertando néctar como recurso. Os grãos de pólen apresentaram viabilidade de 96,87% e a razão pólen:óvulo (P:O) foi de 998,72. Houve diferença significativa na morfometria dos frutos entre as populações. O sistema reprodutivo pode acontecer por autopolinização e por polinização cruzada. Não houve diferença significativa na qualidade dos frutos oriundos dos tratamentos de polinização. A germinação das sementes é baixa. O polinizador principal é o beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*) que realiza visitas as flores apenas no período da manhã, corroborando a síndrome de ornitofilia apresentada pela flor. Borboletas e abelhas foram registradas como pilhadoras. A espécie apresentou floração e frutificação contínuas e correlacionadas com as variáveis climáticas, com sistema reprodutivo misto que garante o sucesso reprodutivo da espécie.

**Palavras-chave:** Caatinga; conservação; polinização; quipá; reprodução.

**FLORAL BIOLOGY OF *Tacinga inamoena* (K. SCHUM.) NP TAYLOR & STUPPY (CACTACEAE)**

COSTA, Paulo Marks de Araújo; SOUZA, Vênia Camelo de; ARAÚJO, Lenyneves Duarte Alvino de; AZEREDO, Gilvaneide Alves de; MELO, Thiago de Sousa; QUIRINO, Zelma Glebya Maciel

**ABSTRACT**

The Cactaceae family is one of the most important sources of resources existing in arid and semiarid environments, especially for floral visitors who live in these environments. The biology of pollination is important, mainly because it reveals peculiarities about the life of flowers and their floral visitors. Thus, the objective was to characterize the reproductive biology of *Tacinga inamoena* in Caatinga Paraibana. This study was carried out in populations of *T. inamoena* located in three areas distributed in three microregions of Paraíba, Brazil. To define the phenophases, the description of the intensity of the phenological event was adopted and the flowering synchrony index was calculated for each population. To assess the relationship of phenological events with climatic variables, Spearman's correlation coefficient, Kruskal-Wallis and Nemenyi tests were applied. Analyses of floral and reproductive biology were carried out, as well as the observation and recording of the richness, abundance and frequency of floral visitors. The species presents flowering and fruiting events with low synchrony and significantly correlated with environmental factors. The flowers of *T. inamoena* have diurnal anthesis, red color, actinomorphic with an inferior ovary and epigina, offering nectar as a resource. The pollen grains had 96.87% viability and the pollen:ovule (P:O) ratio was 998.72. There was a significant difference in fruit morphometry between populations. The reproductive system can happen by self-pollination and by cross-pollination. There was no significant difference in the quality of fruits from pollination treatments. Seed germination is low. The main pollinator is the hummingbird (*Chlorostilbon lucidus*) that visits the flowers only in the morning, corroborating the ornithophilia syndrome presented by the flower. Butterflies and bees were registered as looters. The species showed continuous flowering and fruiting and correlated with climatic variables, with a mixed reproductive system that guarantees the reproductive success of the species.

**Keywords:** Caatinga; conservation; pollination; quipá; reproduction.

## 1. INTRODUÇÃO

A família Cactaceae possui aproximadamente 1.500 espécies distribuídas em 139 gêneros (HERNÁNDEZ-LEDESMA et al., 2015; HUNT et al., 2006), com predominância em ambientes sob clima semiárido e árido (BARTHLOTT et al., 2015). No Brasil, a família possui 474 espécies distribuídas em 82 gêneros, das quais 205 espécies e 78 subespécies são endêmicas (ZAPPI et al., 2015; ZAPPI e TAYLOR, 2020), tornando o país o terceiro centro de diversidade de Cactaceae do mundo (TAYLOR e ZAPPI, 2004, 2018). Estudos têm mostrado que as espécies de Cactaceae são polinizadas e dispersas por uma gama de agentes bióticos, isso torna estas espécies importantes fontes de recursos para diversos grupos de animais (ALMEIDA-CORTEZ, 2004; GOMES et al., 2017; MARIN, 2016; MEIADO et al., 2012; PEREIRA et al., 2021; PIMIENTA-BARRIOS, 1994; SANTOS et al., 2019; ZAPPI e TAYLOR, 2021), especialmente nas áreas mais degradadas, onde a oferta de recursos é reduzida com a perda de espécies.

Dentre as Cactaceae o gênero *Tacinga* possui oito espécies, das quais, sete são nativas do Brasil e uma da Venezuela (MEIADO et al., 2015; TAYLOR e ZAPPI, 2018) e todas evoluíram para polinização por beija flores (LAMBERT, 2009). A espécie *Tacinga inamoena* (K. Schum.) NP Taylor & Stuppy é conhecida popularmente por quipá, gogóia ou palmatória miúda, de porte subarbusto, é nativa do Brasil com ampla distribuição na Caatinga (MEIADO et al., 2015; TAYLOR e ZAPPI, 2004). Estudos de comunidades têm relatado que *T. inamoena* apresenta ornitofilia como síndrome de polinização, bem como padrões contínuos de floração e a frutificação (ARAUJO e FERAZ, 2009; LAMBERT, 2009; LEAL et al., 2017; MAJURE et al., 2013; MAZZA et al., 2011; PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020; QUIRINO e MACHADO, 2006).

Esta espécie é usada como alimento humano e forragem para animais durante os períodos de seca, onde os animais consomem as plantas inteiras, cortadas ou queimadas (LUCENA et al., 2013; PEDROSA et al., 2020). Entretanto, essas atividades vêm ameaçando as populações das espécies de *Tacinga* na Caatinga, o que pode resultar na extinção local da espécie, assim como de tantas outras (ALVES et al., 2009; SOUZA et al., 2009). Sendo assim, são necessários estudos que possam ampliar o conhecimento sobre as espécies de *Tacinga* a fim de compreender as relações ecológicas dessas espécies e subsidiar ações de manejo e conservação do patrimônio genético da Caatinga.

Considerando isso, objetivou-se caracterizar a biologia reprodutiva e da polinização de *Tacinga inamoena* na Caatinga Paraibana.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

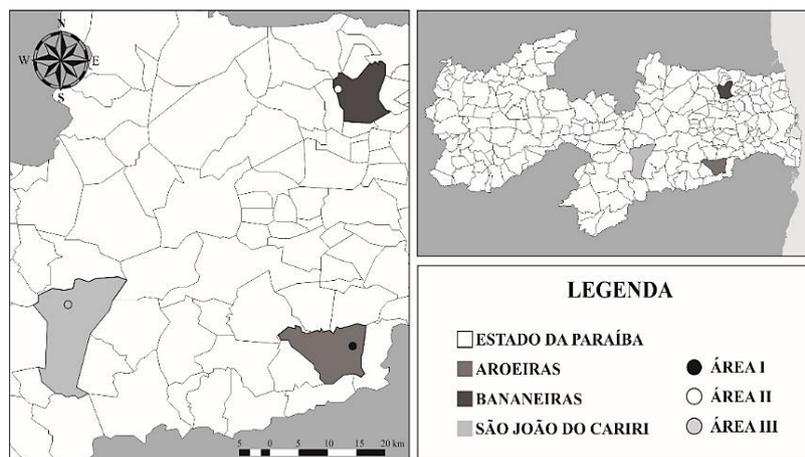
### 2.1 Delineamento experimental e variáveis climáticas

Foram realizadas observações de campo e coleta de dados em populações naturais de três áreas de Caatinga localizadas em diferentes microrregiões da Paraíba. As áreas foram escolhidas por apresentarem ocorrência natural de *T. inamoena*, com elevada abundância de indivíduos.

Área I: Fazenda Bela Vista (FBV), (07° 32' 43,22" S e 35° 37' 33,37" W), localizada à 14 km da sede do município de Aroeiras, Paraíba, Brasil (Figura 1). Inserido na microrregião de Umbuzeiro, apresenta aproximadamente 130 ha<sup>-1</sup> de área e vegetação caracterizada como Caatinga arbustiva e arbórea em diferentes níveis de sucessão ecológica (GUIMARÃES e RIBEIRO, 2019; RODRIGUES e LIMA, 2017).

Área II: Sítio Umburana (SU), (06° 41' 16,6" S e 35° 40' 44" W), localizado a 11 km da sede do município de Bananeiras, Paraíba, Brasil (Figura 1). Inserido na microrregião do Brejo. Apresenta área total de 15 ha<sup>-1</sup> e vegetação caracterizada como Caatinga arbustiva e arbórea em diferentes níveis de sucessão ecológica (RODRIGUES e LIMA, 2017).

Área III: Estação Experimental Bacia Escola São João do Cariri da UFPB (EESJC), (7°23'30''S e 36°31'59''W), localizada a 2 km da sede do município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil (Figura 1). Localizado na microrregião do Cariri Oriental, com área total de 500 ha<sup>-1</sup> de vegetação de Caatinga e predominância de uma vegetação arbustiva (BARBOSA et al., 2007).



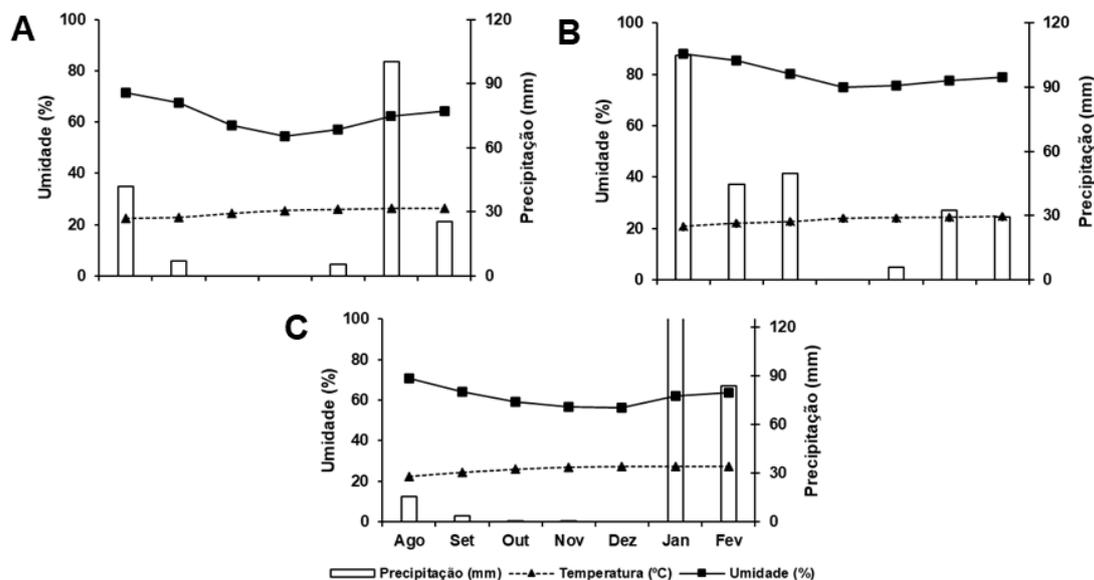
**Figura 1.** Mapa de localização das áreas I, II e III, Paraíba, Brasil, onde estão inseridas as populações de *Tacinga inamoena*. Fonte: Próprio autor, 2021.

Em cada área, foram marcados e acompanhados indivíduos adultos de *T. inamoena* (n = 20, dispostos em touceiras) com distanciamento mínimo de 10 metros entre si e observados para evitar a inclusão de clones. Dados mensais de temperatura média, umidade média e precipitação média de cada área foram coletados. Os dados das variáveis climáticas foram obtidos junto à Agência Executiva de Gestão de Águas (AESAs), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/Brasil), Estação Experimental Bacia Escola São João do Cariri da UFPB (EESJC), Climatempo e AccuWeather (Figura 2) (ACCUWEATHER, 2021; AESA, 2021; CLIMATEMPO, 2020; INMET, 2020).

## 2.2 Acompanhamento dos eventos reprodutivos

Os indivíduos adultos de *T. inamoena* marcados foram monitorados durante o período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020 (durante o período seco e início do chuvoso), em função do início da pandemia causada pela SARS-CoV-2 que causa a doença COVID-19, as leituras foram interrompidas em todas áreas de estudos. O acompanhamento dos eventos reprodutivos foi realizado através de observações mensais consecutivas, utilizando fichas de campo para coleta dos dados sobre a floração (fase em que as plantas apresentavam botões e flores em antese) e a frutificação (fase em que as plantas apresentavam frutos verdes e maduros).

A descrição da intensidade do evento fenológico foi realizada de acordo com Fournier (1974) para cada população, onde os valores coletados em campo por meio de uma escala intervalar semiquantitativa de cinco categorias (0 a 4) com intervalo de 25% entre categoria, possibilitam estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. Foi calculada a sincronia entre os indivíduos de cada população, de acordo com método de presença/ausência e com isso foi possível calcular a porcentagem de indivíduos em cada fenofase de cada população (BENCKE e MORELLATO, 2002). Também foi calculado o Índice de Sincronia de Floração para as populações no período de acompanhamento, seguindo a proposição de Augspurger (1983). Durante os meses de acompanhamento, foi testada a correlação das variáveis climáticas com os eventos reprodutivos da espécie (Figura 2).



**Figura 2.** Dados climáticos das áreas I (A), II (B) e III (C) no período entre 2019 e 2020, Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021.

### 2.3 Biologia floral

Em cada área foram coletadas amostras ( $n = 20$ ) de botões florais em pré-antese de diferentes indivíduos, os quais foram armazenados em recipientes de vidro com etanol a 70%. Em campo foi verificado o diâmetro da corola de dez flores em antese de cada área e em laboratório, foram coletados dados acerca da morfometria dos botões florais, com dados do número de pétalas e sépalas, comprimento e diâmetro, comprimento do carpelo, número e comprimento dos estames e número de óvulos.

A antese foi monitorada na área II, onde foram marcados dez botões florais em pré-antese de diferentes indivíduos, que foram acompanhados das 04h00min às 17h00min até a senescência. O recurso disponível para os visitantes florais, o volume e a concentração de açúcares no néctar foram verificados com auxílio de microsseringas de 30  $\mu\text{L}$  e refratômetro manual nas escalas 0-42%, 42-71% e 71-90%, respectivamente, durante o dia, das 04h00min às 17h00min, e por toda a antese. Para isso, os botões florais de diferentes indivíduos ( $n = 20$ ) foram ensacados no dia anterior à antese, dos quais, dez foram utilizados para a verificação da presença de néctar as 04h30min e dez permaneceram ensacados para verificação as 15h30min. Para verificar a receptividade do estigma foi utilizado peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a 3%, no estigma de dez flores em pré-antese (ZEISLER, 1938).

A fim de testar a viabilidade polínica foram retiradas anteras ( $n = 100$ ) de dez botões florais em pré-antese, maceradas, uma por vez, em lâminas de vidro quadriculada

contendo 1 mL de água destilada acrescidas de uma gota do reativo de Alexander (ALEXANDER, 1980). As lâminas foram observadas em microscópio óptico, com o auxílio de contador manual, e foi determinado o número total, viável e inviável de grãos de pólen por flor e a percentagem da viabilidade polínica. Os grãos que ficaram corados de rosa intenso foram contabilizados como viáveis, e os corados de azul ou rosa claro como grãos de pólen inviáveis (KEARNS e INOUE, 1993).

A razão pólen:óvulo (P:O) foi estimada a partir da contagem do número total de grãos de pólen por antera e de óvulos por botão floral (CRUDEN, 1977). As análises foram realizadas no Laboratório de Biologia do Departamento de Ciências Básicas e Sociais do CCHSA/UFPB.

## **2.4 Biologia dos frutos**

A morfometria dos frutos foi realizada com amostras de frutos em fase final de maturação apresentando coloração alaranjada ( $n = 100$ , de cada área), através das seguintes métricas: comprimento, diâmetro, peso dos frutos, número de sementes e peso de dez sementes por fruto. Para isso, as médias de comprimentos e diâmetro dos frutos foram obtidas com auxílio de paquímetro digital. O peso dos frutos foi determinado em campo com auxílio de balança portátil, e o peso das sementes com auxílio de balança analítica, estas análises foram realizadas no Laboratório de Biologia do Centro de Ciências Humanas Sérias e Agrárias da UFPB.

## **2.5 Sucesso Reprodutivo**

A análise do sucesso reprodutivo foi realizada a partir de testes de polinizações controladas nas áreas I e II, utilizando flores ( $n = 30$ ) para cada tratamento/área. Os tratamentos foram: (1) polinização natural (controle), (2) autopolinização espontânea, (3) autopolinização manual e (4) polinização cruzada manual. Os botões utilizados no tratamento 1 (controle) foram contados e marcados com fita para acompanhamento do desenvolvimento dos frutos. Nos tratamentos 2, 3 e 4, os botões florais em pré-antese foram cobertos com sacos de voal para evitar o contato das flores com visitantes. Nos cruzamentos manuais 3 e 4, os grãos de pólen foram depositados na região receptiva das flores com o auxílio de pincéis de ponta fina e cerdas macias, em seguida, as flores foram novamente ensacadas e monitoradas. No tratamento 3, um único pincel foi utilizado para cada flor, sendo este inserido três vezes consecutivas no tubo floral. Os botões florais em pré-antese utilizados no tratamento 4, foram emasculados para evitar a autopolinização.

No tratamento 4, pincéis diferentes foram inseridos previamente no tubo de flores de diferentes indivíduos para depois serem inseridos nas flores selecionadas para o tratamento, isso evitou a autopolinização. Após efetuado os respectivos tratamentos, as flores foram encobertas novamente com sacos de voal e acompanhado o desenvolvimento dos frutos a cada 30 dias até atingirem a maturação completa.

Foi determinada a taxa de aborto de frutos aos 180 dias após antese e calculada a eficácia reprodutiva (ER) pela divisão do percentual de frutificações resultantes dos testes de polinização natural pelo percentual de frutificações resultantes dos testes de polinização cruzada (SOBREVILA e ARROYO, 1982). O potencial de produção de frutos da espécie resultantes das polinizações natural e cruzada, foi avaliado a partir das seguintes características: número de frutos formados por flor, tamanho (peso, comprimento, diâmetro e espessura do pericarpo), número e peso das sementes, estas análises foram realizadas no Laboratório de Biologia do CCHSA/UFPB.

Após as avaliações morfométricas, os frutos foram submetidos a um beneficiamento em água corrente para retirada das sementes, que foram secas em papel toalha em ambiente de laboratório por um período de 24 horas. Os testes de germinação foram realizados no Laboratório de Tecnologias Agroecológicas e Desenvolvimento Socio-Ambiental do CCHSA/UFPB. Inicialmente, as sementes foram submetidas a uma assepsia em hipoclorito de sódio diluído em água destilada na proporção de 1:1 e lavadas em água destilada, em seguida, secas na bancada do laboratório (FREIRE et al., 2002), depois distribuídas em Gerbox sob folhas de papel filtro umedecidos com água destilada. Foi utilizada câmara de germinação tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulada em temperatura constante de 30 °C com fotoperíodo de 12h (MEIADO e LEAL, 2012) e foram empregadas quatro repetições com 50 sementes cada com amostras das duas áreas e os respectivos tratamentos de polinização (FREIRE et al., 2002; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009). Após início da germinação foram realizadas contagens do número de plântulas emergidas por dia, até que esse número se tornou constante. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com duas áreas e quatro tratamentos de polinização, com esquema fatorial  $2 \times 4$  (áreas  $\times$  tratamentos de polinização).

## **2.6 Visitantes florais**

Os visitantes florais e seus comportamentos foram registrados em campo através de observações diretas em plantas focais, totalizando 72 horas de observações diurnas,

em dias não consecutivos e distribuídas nas áreas I e II de acordo com a antese. Os insetos foram coletados com auxílio de recipientes plásticos e puçá, foram colocados em câmara mortífera, posteriormente montados a seco e depositados na coleção entomológica do Laboratório de Invertebrados do Departamento de Biociências/Centro de Ciências Agrárias da UFPB, como espécimes testemunho. O registro das aves foi feito a partir de fotografias, que foram analisadas por taxonomistas para a identificação das espécies.

O comportamento dos visitantes florais foi observado a partir da análise do recurso floral procurado, do resultado da visita, da frequência das visitas durante o dia e da presença de grãos de pólen na probóscide ou glossa dos insetos. A frequência das visitas foi estimada através da contagem direta das visitas às flores das plantas focais, durante o dia (04:00-16:00h), a cada uma hora de observação. A observação da presença ou ausência de grãos de pólen sobre a língua dos visitantes florais (insetos) foi feita com auxílio de lupa com os espécimes coletados nos dias das observações de frequência de visitantes. Os visitantes foram classificados como: Polinizador Principal, aquele que conseguiu contactar as estruturas reprodutivas e foi muito frequente em suas visitas ( $\geq$  visitas. horas<sup>-1</sup>), sendo, portanto, o polinizador mais efetivo; e Pilhador, aquele visitante que não contactou as estruturas reprodutivas e consumiu o néctar

## 2.7 Análise estatística

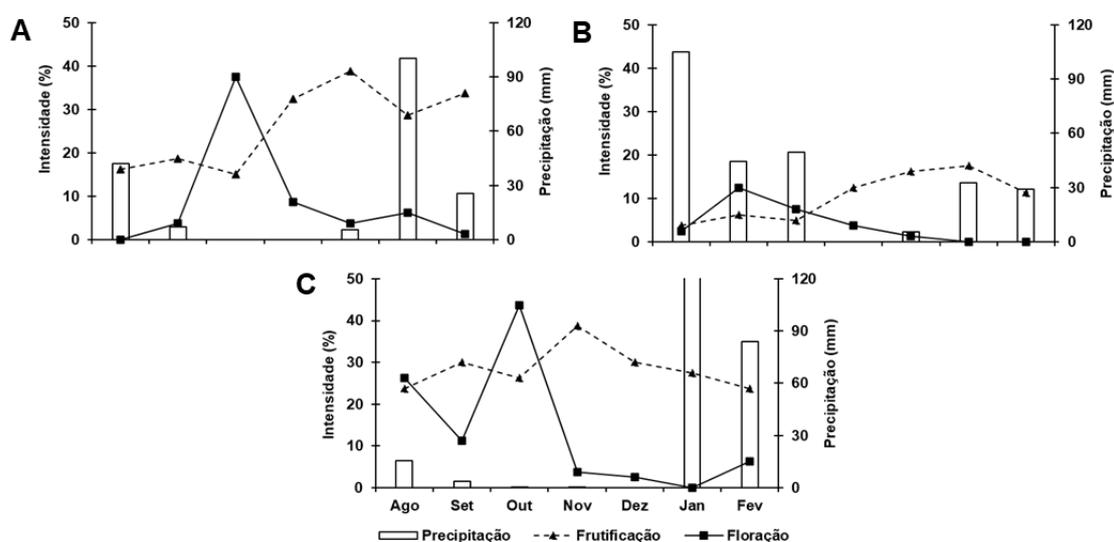
A relação dos eventos reprodutivos e as variáveis climáticas durante o período estudado, foi avaliada a partir de testes de correlação de Spearman ( $r_s$ ) com os dados de cada população (CHAGAS et al., 2019). Esse coeficiente varia de -1 a 1, quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação, quanto mais próximo estiver de zero, mais fraca é a relação entre as duas variáveis. O coeficiente negativo expressa uma relação inversa entre as duas variáveis.

Foi realizada a estatística descritiva e as análises dos dados da biologia floral, morfometria dos frutos e do teste de germinação de *T. inamoena* não atenderam aos pressupostos de normalidade e/ou homoscedasticidade. Sendo assim, as comparações entre as médias dessas variáveis foram realizadas com o teste Kruskal-Wallis e Nemenyi (SIEGEL e CASTELLAN JR, 1975). Também foi aplicado o teste Mann-Whitney entre tratamentos de polinização natural (controle), autopolinização espontânea, autopolinização manual e polinização cruzada manual de *T. inamoena*. Todas as análises foram executadas com o auxílio dos softwares Microsoft Office® Excel 2016®, Programa R (R, 2019) e BioeStat (AYRES et al., 2007).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Acompanhamento dos eventos reprodutivos

Nas áreas II e III, a floração de *T. inamoena* ocorreu por cinco meses (agosto a dezembro/2019) e na área I iniciou em setembro/2019 estendendo-se durante todo período de acompanhamento (Figura 3A). Nas áreas I e III, a maior intensidade de indivíduos em floração ocorreu no mês de outubro/2019, coincidindo com o período seco das regiões. Na área II, a maior intensidade de floração ocorreu em setembro/2019, início do período seco (Figura 3A).



**Figura 3.** Acompanhamento fenológico reprodutivo de *Tacinga inamoena* nas áreas I (A), II (B) e III (C), na Paraíba/Brasil, no período de 2019 e 2020. Fonte: Próprio autor, 2021.

A frutificação ocorreu durante todo período de estudo nas três áreas, com maior intensidade no período seco (Figura 3B). A intensidade de frutificação foi maior nas áreas I e III (Figura 3B).

A sincronia dos indivíduos de *T. inamoena* em floração nas áreas I, II e III foi de 22,1%, 10,7% e 32,8% respectivamente. Esse comportamento foi semelhante a sincronia dos indivíduos em frutificação com 68,5%, 31,4% e 71,4% nas áreas I, II e III respectivamente. O índice de sincronia de floração foi maior na área III ( $Z = 0,53$ ), seguido pela área I ( $Z = 0,50$ ) e II ( $Z = 0,17$ ) que apresentou o menor índice.

Na área I, a intensidade e sincronia dos indivíduos em floração apresentaram correlação negativa com precipitação ( $r_s = -0,62$ ) e umidade ( $r_s = -0,71$ ) e, correlação

positiva entre temperatura e a intensidade e sincronia dos indivíduos em frutificação, ( $r_s = 0,68$  e  $r_s = 0,55$ ), respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Testes de correlação Spearman ( $r_s$ ) do percentual dos eventos reprodutivos de *Tacinga inamoena* e as variáveis climáticas nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Intensidade de Floração	Intensidade de Frutificação	Sincronia de Floração	Sincronia de Frutificação
Área I				
Precipitação	-0,62*	-	-0,71*	-
Temperatura	-	0,68*	-	0,55*
Umidade	-0,72*	-	-0,83*	-
Área II				
Precipitação	0,31*	-0,75*	0,34*	-0,72*
Temperatura	-0,77*	0,75*	-0,74*	0,81*
Umidade	0,34*	-0,82*	0,31*	-0,77*
Área III				
Precipitação	-	-	-	-0,85*
Temperatura	-0,67*	-	-0,73*	-
Umidade	0,79*	-0,47*	0,76*	-

\*Probabilidade significativa pela correlação de Spearman ( $P < 0,05$ ).

A intensidade e sincronia de floração dos indivíduos apresentaram correlação positiva entre precipitação ( $r_s = 0,31$  e  $r_s = 0,34$ ) e umidade ( $r_s = 0,34$  e  $r_s = 0,31$ ), mas com correlação negativa com a temperatura ( $r_s = -0,77$  e  $r_s = -0,74$ ), respectivamente (Tabela 1). Entretanto, a precipitação e umidade apresentaram resultados contrários de correlação em comparação com a intensidade e sincronia de floração dos indivíduos, apresentando-os efeitos negativo entre a intensidade e sincronia de frutificação dos indivíduos de ( $r_s = -0,75$  e  $r_s = -0,72$ ) e ( $r_s = -0,82$  e  $r_s = -0,77$ ), respectivamente, mas com correlação positiva com a temperatura ( $r_s = 0,75$  e  $r_s = 0,81$ ), respectivamente (Tabela 1).

Na área III, a correlação foi negativa entre a precipitação e sincronia de frutificação dos indivíduos de  $r_s = -0,85$  (Tabela 1). A intensidade e sincronia de floração dos indivíduos apresentaram correlação negativa entre temperatura ( $r_s = -0,67$  e  $r_s = -0,73$ ) e positiva entre a umidade ( $r_s = 0,79$  e  $r_s = 0,76$ ), respectivamente. A intensidade de frutificação apresentou correlação negativa com umidade de  $r_s = -0,47$ .

### 3.2 Biologia floral

As flores de *T. inamoena* são actinomorfas com média de nove sépalas e doze pétalas de coloração variando entre amarelo e vermelho alaranjado. Através do teste de Kruskal-Wallis ( $H = 63,74$ ,  $p = 6,733e^{-7}$ ), observou-se que apenas o comprimento dos estames apresentou diferença significativa entre os indivíduos das áreas (I, II e III),

(Tabela 2). A média geral do tamanho floral é de  $29,8 \pm 3,3$  mm de diâmetro e  $38,5 \pm 2,9$  mm de comprimento.

**Tabela 2.** Biologia floral de *Tacinga inamoena* nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil.

Variável	Área I	Área II	Área III	Média	p-value
DCo	29,83±0,66	31,82±1,25	27,85±0,83	29,83±3,32	0,4651
CBf	37,97±0,93	39,34±0,99	38,14±0,84	38,48±2,90	0,4651
DBf	16,93±0,26	17,74±0,25	17,11±0,17	17,26±0,80	0,4651
CC	30,17±0,44	31,32±0,46	30,57±0,32	30,69±1,40	0,5675
CE	13,50±0,19	13,72±0,20	13,26±0,19	13,49±4,31	6,733e-07*
NS	9,30±0,47	9,60±0,43	8,90±0,28	9,27±1,26	0,6046
NP	11,90±0,46	12,70±0,52	12±0,49	12,20±1,54	0,0793
NE	299,2±4,56	304,40±4,20	302,10±3,90	301,90±13,08	0,5316
NO	63,10±40	61,40±2,58	60,60±2,60	61,70±9,62	0,3410
NP	59.192,6±6.845,3	60.191,7±7.158	61.826,6±5.292,5	60.403,7±6.352,6	0,4651
P/O	973,91±230,33	992,43±139,92	1.029,83±109,07	998,82±163,70	0,4651
VP	96,44	97,25	96,93	96,77±3,46	0,2857

Morfometria (mm): diâmetro da corola (DCo), comprimento do botão floral (CBf), diâmetro do botão floral (DBf), comprimento do carpelo (CC), comprimento dos estames (CE). Número/flor: sépalas (NS), pétalas (NP), estames (NE), óvulos (NO), grãos de pólen (NP). Porcentagem (%): viabilidade polínica (VP). Razão pólen/óvulo (P/O) Valores médios ( $\pm$ SD). N = 30 flores.

\*Resultado significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Kruskal-Wallis.

O gineceu é formado por um estilete e um estigma que é viscoso, com tamanho médio de  $30,7 \pm 1,4$  mm de comprimento e o ovário ínfero possui aproximadamente 62 óvulos por flor. O androceu é constituído por aproximadamente 300 estames com tamanho médio de  $13,5 \pm 4,3$  mm que estão em volta da câmara nectárea e estendem-se até a cabeça do estilete. A média do número de grãos de pólen por flor é de  $60.403,69 \pm 6.352$ , com viabilidade polínica de 96,9%. A razão do número de grãos e pólen por óvulos resultou em  $998,8 \pm 163\%$  (Tabela 2).

A antese de *T. inamoena* é diurna, iniciando por volta das 04h00min estendendo-se até as 17h00min do mesmo dia, com duração de 12 horas. Após a abertura completa da flor, o estigma está receptível e as anteras deiscentes. As flores não exalam odor perceptível ao sentido humano. O volume de néctar, após abertura completa da flor pela manhã, em média, é de  $5,3 \mu\text{L}$  com concentração de 50,85% de solutos, e o volume de néctar acumulado durante todo o dia, em média, é de  $5,1 \mu\text{L}$  com concentração de 49,33%. Os dados da biologia floral encontram-se resumidos na Tabela 2.

### 3.3 Biologia dos frutos

Os valores médios referentes a morfometria dos frutos de *T. inamoena* oriundos das três áreas estão representados na Tabela 3. O teste de Kruskal-Wallis revelou não

haver diferença significativa entre as áreas (I, II e III) para comprimento, diâmetro e número de sementes de *T. inamoena* ( $P \geq 0,005$ ).

**Tabela 3.** Biometria de (n = 100) frutos de *Tacinga inamoena* nas áreas I, II e III, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Área I	Área II	Área III	Média	p-value
Peso do Fruto	15,05±7,42	14,51±3,33	14,17±3,92	14,58±5,21	0,0075**
Comprimento do Fruto	26,33±4,39	26,69±2,39	27,83±3,29	26,95±3,50	0,3428*
Diâmetro do Fruto	27,03±5,49	26,6±3,47	27,96±2,86	27,20±4,12	0,3909*
Número de sementes	54,87±7,97	55,17±8,16	54,42±11,83	54,82±9,46	0,0759*
Peso dez sementes	0,14±0,31	0,14±0,34	0,14±0,30	0,14±0,29	0,0007**

\*Resultado não significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Kruskal-Wallis.

\*\*Resultado significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Kruskal-Wallis.

O peso dos frutos e o peso de dez sementes de *T. inamoena* apresentaram diferença significativa, segundo o teste de Kruskal-Wallis ( $H = 285,42$  e  $p = 0,0075$ ;  $H = 41,82$  e  $p = 0,0007$ ), nas áreas estudadas. Os frutos de *T. inamoena*, oriundos das áreas II e III apresentaram valores médios de peso de 3,6 e 5,8% menores em relação a área I.

### 3.4 Sucesso Reprodutivo

Os resultados dos testes reprodutivos de *T. inamoena* mostraram que a taxa de formação final de frutos a partir da polinização cruzada manual foi significativamente menor, 51,5% do que a taxa de formação natural ( $U = 1107,5$ ;  $p = 0,0054$ ) e 58,3% do que a taxa de formação de autopolinização manual ( $U = 997,5$ ;  $p = 0,0007$ ). Além disso, não houve diferença significativa na taxa de formação natural de frutos e os testes de autopolinização espontânea ( $U = 1446,5$ ;  $p = 0,4101$ ) e manual ( $U = 1456$ ;  $p = 0,6518$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Sucesso reprodutivo (%) de (n = 30) flores de *Tacinga inamoena* nas áreas I e II, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Tratamentos			
	Polinização Natural	Autopolinização Espontânea	Autopolinização Manual	Polinização Cruzada Manual
	Área I			
Frutos formados	28	26	26	26
Taxa de formação inicial (%)	93,3	86,6	86,6	86,6
Taxa de Aborto (%)	35,7	53,8	26,9	76,9
Taxa de formação Final (%)	60	40	63,3	20
	Área II			
Frutos formados	28	27	30	29
Taxa de formação inicial (%)	93,3	90	100	96,6
Taxa de Aborto (%)	53,6	40,7	43,3	68,9

Taxa de formação Final (%)	43,3	53,3	56,6	30
	Total			
Frutos formados	56	53	56	55
Taxa de formação inicial (%)	93,3	88,3	93,3	91,6
Taxa de Aborto (%)	44,6	47,1	35,7	72,7
Taxa de formação Final (%)	51,6	46,6	60	25
<i>p-value</i>	0,0054*	ns	0,0007*	-

\*Resultado significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Mann-Whitney.

<sup>ns</sup>Resultado não significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Mann-Whitney.

A eficácia reprodutiva de *T. inamoena* foi alta ( $ER = 2,03$ ). A taxa de aborto foi maior no tratamento de polinização cruzada manual, enquanto a taxa de formação final foi maior no tratamento de autopolinização manual (Tabela 4). A qualidade dos frutos de *T. inamoena* formados nos tratamentos de polinização não apresentaram diferenças significativas (Tabela 5). Quando comparados entre as áreas I e II, a espessura do pericarpo dos tratamentos de polinização manual (autopolinização manual e cruzada manual) apresentaram maiores médias, principalmente os frutos do tratamento de polinização cruzada manual, entretanto, não houve diferenças significativas.

**Tabela 5.** Biometria dos frutos e sementes de *Tacinga inamoena* oriundos dos tratamentos de polinização nas áreas I e II, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Tratamentos				Média	<i>p-value</i>
	PN	APE	APM	PCM		
	Área I					
n	18	12	18	6	-	-
PF (g)	14,6±4,84	14,0±4,51	15,0±4,08	13,5±3,61	14,52±4,19	0,4190*
CF (mm)	28,1±3,21	28,3±3,19	30,0±2,49	28,1±2,2	28,84±2,94	0,4554*
DF (mm)	28,9±3,29	28,9±3,91	29,3±3,15	28,2±1,53	29,02±3,19	0,4744*
EP (mm)	1,94±0,13	1,90±0,15	1,93±0,14	1,95±0,13	1,93±0,13	0,5462*
NS (n)	56,4±18,82	68,2±13,63	70,2±16,52	75,5±7,66	65,87±17,13	0,6665*
PS (g)	0,15±0,04	0,16±0,0	0,16±0,01	0,14±0,03	0,15±0,03	0,3345*
	Área II					
n	13	16	17	9	-	-
PF (g)	11,4±2,22	12,9±3,08	13,7±3,61	11,2±1,95	12,57±3,03	0,2956*
CF (mm)	27,9±2,27	30,1±2,89	29,7±2,01	28,6±1,5	29,27±2,40	0,4281*
DF (mm)	26,9±2,31	27,9±3,3	28,3±3,64	26,3±1,74	27,56±3,02	0,4639*
EP (mm)	1,86±0,22	1,87±0,19	2,01±0,08	2,08±0,03	1,94±0,17	0,5962*
NS (n)	52,3±8,68	47,5±9,95	54,4±9,41	53,3±4,9	51,74±9,07	0,2170*
PS (g)	0,12±0,01	0,11±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,0996*

Polinização natural (PN), autopolinização espontânea (APE), autopolinização manual (APM), polinização cruzada manual (PCM), número de frutos (n), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), diâmetro dos frutos (DF), espessura do pericarpo (EP), número de sementes (NS), peso de dez sementes (PS).

\*Resultado não significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Kruskal-Wallis.

A germinação de *T. inamoena* foi baixa e não apresentou diferenças significativas, o mesmo se repetiu para o índice de velocidade de germinação (Tabela 6).

As sementes oriundas dos tratamentos da área I apresentaram percentual de germinação 52% maior que a área II. As sementes oriundas dos tratamentos de polinização espontânea (controle) e autopolinização (espontânea e manual) apresentaram os maiores percentuais de germinação nas áreas I e II. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi 53,3% maior na área I, entretanto, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos nas áreas I e II. O IVG foi maior no tratamento de polinização espontânea (controle) na área I e autopolinização manual na área II, seguido pela autopolinização espontânea e polinização cruzada na área I, e polinização espontânea (controle) na área II (Tabela 6). No entanto, as áreas I e II apresentaram sucesso quanto a reprodução, pois suas sementes germinaram, gerando descendentes em todos os tratamentos de polinização.

**Tabela 6.** Valores médios do teste de germinação (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes oriundas dos frutos dos tratamentos de polinização de *Tacinga inamoena* nas áreas I e II, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Tratamentos				Média	p-value
	PN	APE	APM	PCM		
Área I						
n	18	12	18	6	-	-
Germinação (%)	12±7,48	8±6,32	0,5±1	5,5±4,43	6,5±6,47	0,1851*
IVG	0,28±0,2	0,19±0,14	0,01±0,03	0,13±0,12	0,15±0,16	0,2736*
Área II						
n	13	16	17	9	-	-
Germinação (%)	3,5±3	1±2	7±2,58	1±2	3,12±3,34	0,4895*
IVG	0,1±0,09	0,01±0,03	0,14±0,06	0,03±0,06	0,07±0,08	0,5414*

Tratamentos de Polinização: natural (PN), autopolinização espontânea (APE), autopolinização manual (APM) e polinização cruzada manual (PCM).

\*Resultado não significativo ( $p > 0,05$ ). Teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

### 3.5 Visitantes florais

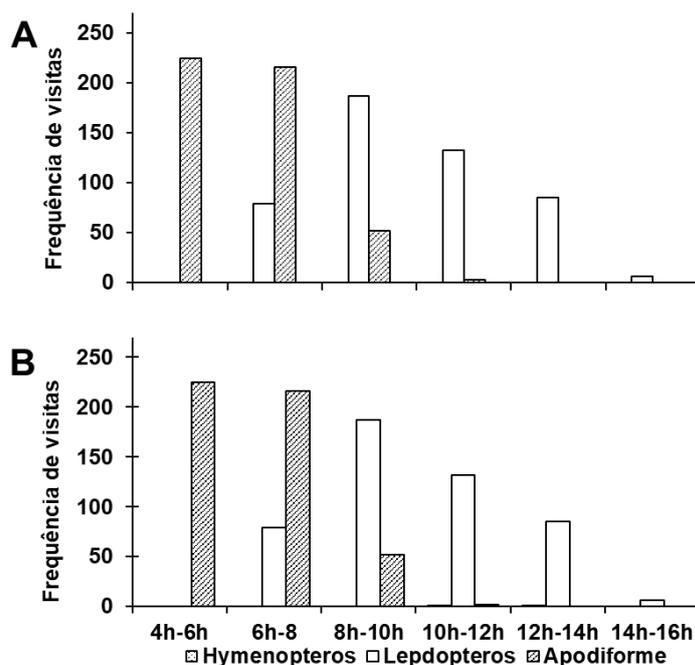
As flores de *T. inamoena* foram visitadas pela espécie de beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*) (Figura 5A), que foi mais frequente na área II (Tabela 7). Os beija-flores iniciavam as visitas entre 04h00min e 06h00min forrageando até as 10h00min da manhã (Figura 4A e B). A espécie *C. lucidus* foi considerada o principal polinizador de *T. inamoena*, uma vez que foi o mais frequente e suas visitas foram legítimas, pois sempre contactavam as estruturas reprodutivas das flores. Os indivíduos realizavam visitas a diferentes flores, inserindo o bico no tubo floral à procura de néctar. No entanto, algumas vezes, realizavam visitas a mesma flor várias vezes. Cada visita durou em média 3,2 segundos.

**Tabela 7.** Visitantes florais de *Tacinga inamoena* nas áreas I e II, Paraíba, Brasil.

Visitantes florais	Área I		Área II		Resultado da visita
	Frequência de visitas (%)				
<b>Apodiforme</b>	<i>Chlorostilbon lucidus</i> Shaw, 1812	50,3	67,91		PP
	<i>Indet 01</i>	28,25	-		PI
<b>Lepdopteros</b>	<i>Aphrissa statira</i> Cramer, 1777	21,44	-		PI
	<i>Indet 02</i>	-	30,37		PI
	<i>Indet 03</i>	-	1,34		PI
<b>Hymenopteros</b>	<i>Trigona</i> sp.	-	0,26		PI

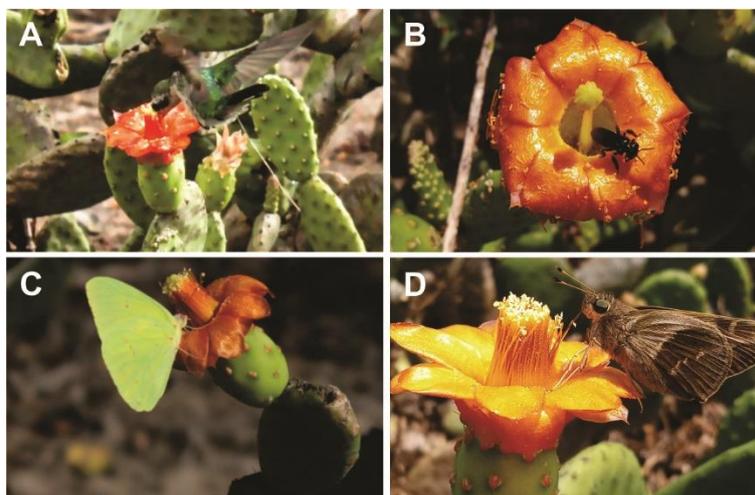
Principal Polinizador (PP), Pilhador (PI).

As borboletas foram observadas visitando as flores de *T. inamoena* (Figura 4C e D) nas duas áreas, com maior frequência na área I (Tabela 7). As visitas das borboletas iniciavam entre 07h00min e 08h00min da manhã, intensificando-as entre 09h00min e 10h00min, e mais esporadicamente até o fim da tarde (Figura 4A e B). Nas visitas, as borboletas pousavam sobre uma flor, introduzindo sua probóscide no tubo floral, entre os estames, à procura de néctar, mas não contactavam nenhuma das estruturas reprodutivas (Figura 5C e D). O tempo médio das visitas variou entre 11 e 17 segundos. Além disso, realizavam várias visitas as mesmas flores e não apresentaram pólen na probóscide. Sendo assim, foram classificadas como pilhadoras.



**Figura 4.** Frequência de visitas ao longo do dia às flores de *Tacinga inamoena* nas áreas I (A) e II (B), Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021.

As abelhas do gênero *Trigona* sp. foram observadas poucas vezes visitando as flores de *T. inamoena* apenas na área II (Tabela 7, Figura 4B). Essas abelhas apresentaram comportamento do tipo pilhador, uma vez que não são eficientes na transferência de pólen e cortaram todos estames para conseguir entrar no tubo floral e consumir o néctar (Figura 5B). Esse comportamento durou em média 12 minutos e 24 segundos.



**Figura 5.** Visitantes florais de *Tacinga inamoena*, com o beija-flor *Chlorostilbon lucidus* em A, *Trigona* sp. pilhando a flor em B, borboleta *Aphrissa statira* pilhando as flores em C e a borboleta *Indet 03* em D, Paraíba, Brasil. Fonte: Próprio autor, 2021.

## 4. DISCUSSÃO

Apesar do curto período de acompanhamento dos eventos reprodutivos, foi possível observar que a espécie manteve eventos contínuos de floração e frutificação conforme indicado por outros estudos (ARAÚJO e FERRAZ, 2009; QUIRINO e MACHADO, 2014, 2006). Esse padrão contínuo de floração e frutificação (*sensu* (NEWSTROM et al., 1994) torna *T. inamoena* uma espécie importante para manutenção anual de recursos florais e frugívoros, especialmente em um ecossistema sazonal como a Caatinga. A maior intensidade de floração e frutificação de *T. inamoena* ocorrem durante a estação mais seca, quando as ofertas de recursos florais e frugívoros estão reduzidas, a espécie *T. palmadora* também apresentou frutificação na estação mais seca, esse comportamento reprodutivo torna essas espécies de *Tacinga* em fontes importantes de recursos, evidenciando a importância dessas espécies para Caatinga (LOCATELLI e MACHADO, 1999; PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020; ZAPPI et al., 2011).

Além disso, a contínua floração atrai polinizadores com estratégia *trapliner*, ou seja, com rotas de forrageamento fixas em busca de néctar à longas distâncias, como foi o caso dos beija flores polinizadores de *T. inamoena*, evidenciando que essa espécie é indispensável para manutenção da vida desses polinizadores, principalmente na estação mais seca, quando a oferta de néctar é baixa (MAHR, 2009; WESSINGER, 2021). A baixa sincronia de floração entre as áreas I, II e III pode reduzir o display floral das subpopulações, conseqüentemente, reduz o número de visitas entre subpopulações e aumentando as visitas às flores dentro da mesma subpopulação, isso favorece a geitonogamia. Esse comportamento foi observado pelos beija flores que visitavam várias vezes as mesmas flores de uma mesma subpopulação em uma mesma área, principalmente na estação mais seca, que por falta de recursos florais em outras subpopulações os beija flores realizavam várias visitas as flores da mesma subpopulação.

As correlações entre os eventos reprodutivos de *T. inamoena* e as variáveis ambientais testadas, evidenciaram como os fatores ambientais são importantes para manutenção da vida na Caatinga, principalmente quanto a intensidade de floração e frutificação que ocorreram durante o período mais seco de acompanhamento, ou seja, o período que houve baixa pluviosidade e umidade e alta temperatura, indicando a importância dessa espécie para manutenção da vida de seus visitantes florais e frugívoros durante o período de maior intensidade reprodutiva. A sincronia dos eventos

reprodutivos, principalmente de floração, de *T. inamoena*, entre as populações demonstra uma redução no display floral de cada população, conseqüentemente reduzindo a oferta de recursos e o número de visitas dos visitantes florais e frugívoros nas populações, também favorecendo mais uma vez geitonogamia. Esse comportamento indica como a espécie está se desenvolvendo na Caatinga, uma vez que a geitonogamia foi favorecida naturalmente nas populações acompanhadas.

De acordo com Oliveira e Silva, (2014) o investimento reprodutivo de *T. inamoena* é mais intenso em áreas com alta incidência solar, ou seja, em áreas abertas, isso influencia na sincronia reprodutiva dessa espécie nas populações, uma vez que as subpopulações que estão em áreas abertas recebem maior incidência solar e são naturalmente favorecidas por isso, no entanto, esse comportamento pode reduzir a oferta de recursos florais e frutíferos para os visitantes de *T. inamoena*, além de favorecer a geitonogamia. Os fatores ambientais são importantes para reprodução de *T. inamoena*, conseqüentemente para oferta de recursos aos visitantes florais e frugívoros, principalmente durante o período mais seco de acompanhamento. A reprodução de *T. inamoena* é considerada longa, especificamente quanto à suas flores que levam em média 25 dias até o início da antese e os frutos 180 dias até início da maturação, indicando que o ciclo reprodutivo dessa espécie pode ser considerado como longo e o investimento energético para alcançar a antese e maturação é alto, entretanto, esse investimento é considerado de grande importância para manutenção da vida na Caatinga (PAIXÃO e VENTICINQUE, 2020).

A alta viabilidade polínica de *T. inamoena* garante a reprodução e a autopolinização dessa espécie nas três áreas analisadas. A única diferença significativa nas avaliações morfométricas das flores de *T. inamoena* foi o comprimento dos estames, as flores dessa espécie são de tamanho grande e podem ser vistas de longe em função da coloração de suas pétalas e sépalas. A grande quantidade de estames presentes nas flores de *T. inamoena* e a alta viabilidade do pólen indicam o alto investimento dessa espécie na reprodução. Quando polinizadas, as flores de *T. inamoena* apresentam uma pequena perda de óvulos não fecundados, principalmente na polinização cruzada que apresentou maior média de sementes por frutos na área II. A morfometria dos frutos de *T. inamoena* evidenciou o investimento reprodutivo que essa espécie faz para produzir frutos grandes com uma duração longa até atingirem a maturação, principalmente durante o período mais seco de acompanhamento. Essa não é uma característica exclusiva de espécie *T. inamoena*, mas também de algumas espécies da família Cactaceae, que apresentam alta

viabilidade do pólen e a capacidade de autopolinização (LOCATELLI e MACHADO, 1999; QUIRINO e MACHADO, 2006). A antese diurna de *T. inamoena* com duração de aproximadamente 12 horas, indica o investimento reprodutivo que essa espécie faz, principalmente quando o pico de floração ocorreu durante o período mais seco de acompanhamento. No entanto, outra espécie de *Tacinga*, a *T. palmadora* apresenta antese diurna e noturna com duração de aproximadamente 48 horas (LOCATELLI e MACHADO, 1999).

Os testes de polinização evidenciaram que a espécie *T. inamoena* é autógama, auto compatível (com preferência pelo próprio pólen) e xenogâmica facultativa. O que foi corroborado pelos dados da razão P:O, que classificam a espécie como xenogâmica facultativa (CRUDEN, 1977). Essa característica reprodutiva torna a espécie estável e adaptada ao ambiente, porém susceptível a mudanças ambientais bruscas. Outra espécie do mesmo gênero, *T. palmadora*, apresenta sistema reprodutivo semelhante à *T. inamoena*, sendo preferencialmente autogâmica e xenogâmica facultativa, embora a taxa de formação de frutos formados por polinização cruzada seja maior do que a registrada em *T. inamoena* ambas as espécies garantem a reprodução e se mostram adaptadas ao ambiente onde estão inseridas (LOCATELLI e MACHADO, 1999). Entretanto, a espécie *T. inamoena* teve a autogamia favorecida pela baixa sincronia de floração entre as subpopulações, esse fator pode ter influenciado na preferência da espécie pelo próprio pólen nas duas áreas analisadas, mas principalmente na área II. Mesmo com preferência pelo próprio pólen nas duas áreas analisadas a espécie *T. inamoena* garantiu a reprodução e conseqüentemente o sucesso reprodutivo por meio da germinação de suas sementes e formação de novos indivíduos, no entanto, esse sucesso reprodutivo foi baixo nas duas áreas analisadas.

A geminação das sementes de *T. inamoena* é intrigante, principalmente por ter sido menor que 50% em todos os tratamentos, no entanto, essa não é uma característica exclusiva dessa espécie, mas do gênero *Tacinga* como um todo, isso foi evidenciado por Meiado e Leal, (2012), quanto as espécies *T. inamoena*, *T. funalis*, *T. palmadora* e *T. saxatilis* que atingiram até 50% da germinação mesmo na temperatura ideal. Esse baixo percentual de germinação de *T. inamoena* também se mantém mesmo após o processo de endozocoria, quando a germinação foi inferior a 35% (NASCIMENTO et al., 2015). A baixa germinação das sementes de *T. inamoena* e *T. palmadora*, em áreas de Caatinga, pode influenciar na manutenção e estabilidade de suas populações e visitantes florais e frugívoros, especificamente quando essas espécies possuem mais indivíduos clonais do

que indivíduos formados a partir da reprodução sexuada. Entretanto, mesmo com baixo percentual de germinação, a espécie *T. inamoena* garantiu a reprodução e formação de novos indivíduos por meio da reprodução sexuada (MEIADO e LEAL, 2012; RIBEIRO et al, 2015).

A autopolinização de *T. inamoena* foi favorecida pelos polinizadores, uma vez que o comportamento dos polinizadores é de inserir o bico no mesmo tubo floral várias vezes, caracterizando a autopolinização mediada pelo polinizador, influenciando a autogamia na espécie. As flores de *T. inamoena* e *T. palmadora* são polinizadas pela mesma espécie de beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*) (LOCATELLI e MACHADO, 1999), que apresenta o comportamento territorialista, garantindo que as flores serão polinizadas apenas por essa espécie de beija flor. Quando comparadas as duas áreas, a espécie de beija-flor realizou mais visitas as flores de *T. inamoena* da área II, no entanto, o sucesso reprodutivo da polinização natural foi maior na área I. A polinização por borboletas (psicofilia) em *T. inamoena* é ineficaz, uma vez que não contactam os órgãos reprodutivos das flores, o que nos leva a discordar com Lavor e Brito-Ramos, (2016), quanto a polinização de *T. inamoena* por psicofilia. As espécies de beija flores *Anopetia gounellei*, *C. lucidus*, *Eupetomena macroura* realizam visitas as flores de *T. inamoena*, tornando essa espécie um recurso importante para manutenção e existência da vida na Caatinga (LAS-CASAS, 2009; LEAL et al., 2017; LOCATELLI e MACHADO, 1999; RIBEIRO e LEAL, 2011). Os beija flores preferem as flores com ausência de odor e de coloração vermelha ou amarela, características encontradas nas flores de *T. inamoena*, que não possui odor e são de coloração variando entre vermelho e laranja (VIEIRA e FONSECA, 2014).

## 5. CONCLUSÕES

A floração de *Tacinga inamoena* ocorreu no período mais seco, e a frutificação durante todo período de acompanhamento nas três áreas estudadas. A fenologia reprodutiva de *T. inamoena* possui correlação significativa com as variáveis climáticas nas três áreas de estudos.

A espécie *T. inamoena* possui flores de antese diurna, com grande quantidade de pólen e alta viabilidade polínica.

A espécie apresentou o sistema reprodutivo misto, podendo acontecer por autopolinização e por polinização cruzada. Nas áreas I e II a espécie apresentou maior quantidade de frutos formados pela reprodução por autogamia, mas a reprodução também ocorreu por alogamia. A germinação de *T. inamoena* foi baixa, mas garantiu o sucesso reprodutivo da espécie. O polinizador principal nas áreas estudadas foi o beija-flor (*Chlorostilbon lucidus*).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCUWEATHER. **Previsão do tempo global, nacional e local diária**. Disponível em: <<https://www.accuweather.com/>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

AESA. **Agência Executiva de Gestão de Águas** . Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

ALEXANDER, M. P. A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria. **Biotechnic and Histochemistry**, v. 55, n. 1, p. 13–18, 1980.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Dispersão e banco de sementes. In: ARTMED (Eds). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 225–235.

ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. DO; SOUZA, E. N. DE. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 1, n. 17, p. 139–152, 2009.

ARAUJO, G. M. DE; FERRAZ, E. M. N. **Matas ciliares da caatinga: florística, processo de germinação e sua importância na restauração de áreas degradadas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco 70p.

AUGSPURGER, C. K. Phenology, Flowering Synchrony, and Fruit Set of Six Neotropical Shrubs. **Biotropica**, v. 15, n. 4, p. 257, 1983.

AYRES, M. et al. **BioStat - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Belém, PA, 2007.

BARBOSA, M. R. DE V. et al. Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 03, p. 313–322, 2007.

BARTHLOTT, W. K. et al. **Biogeography and Biodiversity of Cacti**. 7. ed. Germany: Schumannia 7, 2015, 205p.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação

da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269–275, 2002.

CHAGAS, K. P. T. DAS et al. The phenology of oil palm and correlations with climate variables. **Ciencia Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1701–1711, 2019.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados**. Campina Grande: BNB/UFPB 2000, 54p.

CLIMATEMPO, M. **Clima e Previsão do tempo agora**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/>>. Acesso em: 25 maio. 2021.

CRUDEN, R. W. Pollen-Ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31, n. 1, p. 32–46, 1977.

FOURNIER, L. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422–423, 1974.

FREIRE, M. D. G. M. et al. Isolation and partial characterization of a novel lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 1, p. 61–68, 2002.

GOMES, V. G. N. et al. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. **Plant Ecology**, v. 218, n. 11–12, p. 1325–1338, 2017.

GUIMARÃES, S. A. DE C. A.; RIBEIRO, R. B. DOS S. Potencial do uso do solo da Sub-Bacia do açude Acauã-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21302–21315, 2019.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, P. et al. A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the angiosperm order Caryophyllales. **Willdenowia**, v. 45, n. 3, p. 281–383, 2015.

HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. **The new cactus lexicon: descriptions and illustrations of the cactus family**. Milborne Port, UK: David Hunt Books, 2006.

INMET, I. N. DE M. DO B. **Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

KEARNS, C.; INOUE, D. **Techniques for pollination biologists**. University press of Colorado, 1993.

LAMBERT, S. M. Tacinga. **Cactus and Succulent Journal**, v. 81, n. 3, p. 156–161, 2009.

LAS-CASAS, F. M. G. **Guildas de beija-flores (Aves: Trochilidae) em uma área de Caatinga, no Estado de Pernambuco**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 44p.

LAVOR, D. T. DE; BRITO-RAMOS, A. B. Estudo preliminar das síndromes de polinização em um fragmento de Caatinga, PE, Brasil. **Biotemas**, v. 29, n. 4, p. 19, 2016.

LEAL, I. R. et al. Plant-animal interactions in the Caatinga: Overview and perspectives. In: *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. **Springer International Publishing**, 2017. p. 255–278.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. S. Comparative Study of the Floral Biology in Two Ornithophilous Species of Cactaceae: *Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*. **Bradleya**, v. 17, n. 17, p. 75–85, 1999.

LUCENA, C. M. et al. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, n. 1, 2013.

MAHR, S. Hummingbirds Like Cacti, too. **Cactus and Succulent Journal** v. 81, n. 3, p. 130–131, 2009.

MAJURE, L. C. et al. *Opuntia lilae*, Another Tacinga Hidden in *Opuntia* s.l. (Cactaceae). **Systematic Botany**, v. 38, n. 2, p. 444–450, 2013.

MARIN, G. Ornithofrugivory in *Stenocereus griseus* and *Cereus repandus* (Cactaceae) during the rainy season in a coastal xeric habitat in northeastern Venezuela. **The Biologist**, v. 14, n. 2, p. 401–414, 2016.

MAZZA, M. C. M.; DOS SANTOS, J. E.; MAZZA, C. A. DA S. Fenologia reprodutiva

de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 565–574, 2011.

MEIADO, M. V. et al. Diaspore of the caatinga: a review. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (Eds). **Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2012, p. 306–365.

MEIADO, M. V.; LEAL, I. R. **Germinação de cactos do nordeste do brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 143p.

MEIADO, M. V. et al. Ecological attributes , geographic distribution and endemism of cacti from the São Francisco watershed. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 265–305, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. **Regra para análises de sementes**. 1. ed. Brasília - DF: MAPA, 2009.

NASCIMENTO, J. P. B. et al. Germinação de Sementes de Tacinga inamoena (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) Após Endozoocoria Por *Chelonoidis carbonaria* (S Pix, 1824) (Reptilia: Testudinidae). **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 9–14, 2015.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141, 1994.

OLIVEIRA, M. T. P. DE; SILVA, J. L. S. Incidência luminosa e investment o reprodutivo de Tacinga inamoena K. SCHUM (CACTACEAE). In: RIBEIRO NETO, J. D. (Eds). **Ecologia da Caatinga: Curso de Campo**. 1. ed. RECIFE-PE: Coordenadores, 2014. v. 1, p. 256–257.

PAIXÃO, V. H. F.; VENTICINQUE, E. M. **Interactions between cacti and vertebrates at Caatinga, tropical dry forest in northeastern Brazil**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 93p.

PEDROSA, K. M. et al. Knowledge and use of cactaceae in rural communities in the semiarid region of paraíba, northeastern brazil. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 20, p. 1–12, 2020.

PEREIRA, M. R. DA S. et al. Visitantes florais em duas espécies do gênero *Pilosocereus* (Cactaceae Juss.) em área de Caatinga. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 584–600, 2021.

PIMIENTA-BARRIOS, E. Prickly pear (*Opuntia* spp.): A valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 28, n. 1, p. 1–11, 1994.

QUIRINO, Z. G. M.; MACHADO, I. C. Síndromes de polinização e sazonalidade dos recursos florais em uma comunidade vegetal na Caatinga Paraibana, nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 62–71, 2014.

QUIRINO, Z. G. M.; MACHADO, I. C. S. **Fenologia, síndromes de polinização e dispersão e recursos florais de uma comunidade de caatinga no cariri paraibano**. 2006. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 153p.

**R. R: The R Project for Statistical Computing**, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 26 nov. 2019

RIBEIRO, E. M. DOS S.; LEAL, I. R. **Influência de perturbações antrópicas sobre populações de cactáceas em áreas de Caatinga**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 55p.

RIBEIRO, E. M. S.; MEIADO, M. V; LEAL, I. R. The role of clonal and sexual spread in cacti species dominance at the Brazilian Caatinga. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 27–33, 2015.

RODRIGUES, E.; LIMA, V. **Potencial Pedológico das Terras do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas**. Campina Grande-PB: EDUFPG, 2017, 102p.

SANTOS, L. D. N. et al. Frugivory by birds in four species of cactaceae in the caatinga, a dry forest in brazil. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 109, 2019.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. São Paulo: Artmed Editora, 1975.

SOBREVILA, C.; ARROYO, M. T. K. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. **Plant Systematics and Evolution**, v. 140, n. 1, p. 19–37, 1982.

SOUZA, B. I. .; SUERTEGARAY, D. M. A. .; LIMA, E. R. V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v. 16, p. 217–232, 2009.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. **Cacti of eastern Brazil**. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, 2004.

TAYLOR, N.; ZAPPI, D. Additions and corrections to ‘Cacti of Eastern Brazil’. **Bradleya**, v. 36, n. 36, p. 2–21, 2018.

VIEIRA, M. F.; FONSECA, R. S. **Biologia reprodutiva em angiospermas : síndromes florais, polinizações e sistemas reprodutivos sexuados**. Viçosa-MG: UFV, 2014, 34p.

WESSINGER, C. A. From pollen dispersal to plant diversification: genetic consequences of pollination mode. **New Phytologist**, v. 229, n. 6, p. 3125–3132, 2021.

ZAPPI, D. et al. Aspectos ecológicos e Biologia reprodutiva. In: SILVA, S. R. et al. (Eds). **Plano de Ação. Nacional para a Conservação das Cactáceas - Série Espécies Ameaçadas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio: Série espécies ameaçadas, 2011. v. 24p. 36–41.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. P. **Cactaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB70>>. Acesso em: 17 dez. 2020.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. P. **Cactaceae in Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB70>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

ZEISLER, M. Uber die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfl.,che mit Hilfe von Reaktionen. **Beihefte zum Botanisches Zentralblatt A**, v. 58, p. 308–318, 1938.