



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CAMILA CARVALHO DE GUSMÃO LÔBO

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA FLORAL EM TRÊS POPULAÇÕES DE
Prosopis affinis SPRENG. (MIMOSOIDEAE – FABACEAE) NO BIOMA
PAMPA BRASILEIRO**

SÃO GABRIEL-RS

2015

CAMILA CARVALHO DE GUSMÃO LÔBO

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA FLORAL EM TRÊS POPULAÇÕES DE
Prosopis affinis SPRENG. (MIMOSOIDEAE – FABACEAE) NO BIOMA
PAMPA BRASILEIRO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Pampa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Valdir Marcos Stefenon

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Rubem Samuel de Ávila Jr.

SÃO GABRIEL-RS

2015

CAMILA CARVALHO DE GUSMÃO LÔBO

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA FLORAL EM TRÊS POPULAÇÕES DE
Prosopis affinis SPRENG. (MIMOSOIDEAE – FABACEAE) NO BIOMA
PAMPA BRASILEIRO**

Orientador: _____

Prof. Dr. (Valdir Marcos Stefenon), UNIPAMPA-SG

Co-Orientador: _____

Prof. Dr. (Rubem Samuel de Ávila Jr.), UNIPAMPA-SG

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Filipe de Carvalho Victoria, UNIPAMPA-São Gabriel

Prof. Dr. Ângelo Alberto Schneider, UNIPAMPA- São Gabriel

Coordenador do PPGCB:

Prof. Dr. Frederico Bieber Vieira

São Gabriel, 24 de agosto de 2015.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Eudas Miranda de Carvalho e Camilo Medeiros de Gusmão Lôbo e minha irmã Marcela Carvalho de Gusmão Lôbo pelo apoio.

Ao resto da minha família, em especial a Rute de Medeiros (avó paterna), Evaldo Rodrigues de Carvalho (avô materno). Também a Audeci Miranda de Carvalho (Avó materna) e minha cadela Lilica que faleceram em Recife durante este período.

Aos meus amigos e professores que estiveram junto comigo nesta jornada.

“Pode estar no ponto, ponto de interrogação. Pode ser encontro ou separação. Pode correr risco, arriscado sempre é, só não pode o medo te paralisar. ”

Humberto Gessinger

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, aos meus pais Eudas e Camilo e minha família, sem o apoio dos quais eu não teria vindo de tão longe para cumprir esta etapa. Agradeço a todos os meus professores até o presente momento, pois cada um deixou uma lição e do seu jeito me inspirou a continuar nessa jornada acadêmica, em especial a: Profa. Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado por me dar os primeiros ensinamentos desse mundo acadêmico e Profs. Drs. Rubem Samuel de Ávila Jr. e Valdir Marcos Stefenon por me darem a oportunidade de fazer parte desta universidade e aprender e aprofundar tantos conhecimentos novos.

A equipe do HBEI e motoristas da UNIPAMPA, especialmente Patrícia Neves, pelo auxílio as coletas e aos proprietários e administradores dos seis locais visitados: Martim Gúdice, Sílvia Salles, Felipe Kohls Rangel, Família Mezzomo, Nestor de Moura Jardim Neto por autorizarem as visitas e coletas nas propriedades. Também a Equipe do Nugem e do NCTV e demais colegas do PPGCB e da vida, pelo companheirismo e auxílio em eventuais problemas que ocorreram pelo caminho.

A FAPERGS e CNPQ pelo auxílio financeiro para desenvolvimento desse projeto

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	08
HIPÓTESES	26
OBJETIVO GERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
METODOLOGIA EMPREGADA.....	28
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO 1 Floral morphometry of <i>Prosopis affinis</i> Spreng. (Fabaceae) in the Brazilian Pampa.....	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	59

INTRODUÇÃO GERAL

O Bioma Pampa

O bioma pampeiro corresponde a 62,2% do território do estado do Rio Grande do Sul, incluindo parte da Argentina e todo o Uruguai (MATEI & FILLIPI, 2012), compreendendo sete formações geográficas: savana-estépica, savana, estepe, áreas litorâneas, de transição e florestas decíduas e semidecíduas (ROESCH *et al.* 2009). A primeira ocupação humana no Pampa foi por volta de 12.000 anos AP (até o ano de 1950) e influenciou na extinção da megafauna do período, o que estabilizava a vegetação exclusivamente campestre até a introdução do gado europeu na região Sul (CRUZ & GUADAGNIN, 2010).

Quando a temperatura subiu, cerca de 5.000 AP, as florestas ciliares avançaram sobre a costa e o continente (MARCHIORI, 2004) facilitadas pela ação antrópica (BEHLING *et al.*, 2009) e também porque essas mudanças climáticas eram naturalmente favoráveis a essa substituição (OVERBECK *et al.*, 2007). Quando colônias europeias se estabeleceram trouxeram a pecuária extensiva, a remoção de biomassa e o pisoteio controlaram os incêndios espontâneos e rebrote de espécies florestais (BEHLING *et al.*, 2009). Por volta do século XX, o excesso de gado confinado e agricultura industrializada degradaram a paisagem nativa de uma escala de séculos para décadas (CRUZ & GUADAGNIN, 2010), até a situação atual (OVERBECK *et al.*, 2007; ROESCH *et al.*, 2009).

Essa região tem sido impactada pela inclusão de espécies exóticas sem estudo prévio (PILLAR *et al.* 2012) e as atividades pecuária e agrária que vem se desenvolvendo inadequadamente no Sul do estado (ZARTH & GERHARDT, 2009). Dessa maneira, restam apenas 49% da vegetação original (MATEI & FILLIPI, 2012), cuja conservação é muito importante devido aos serviços ecológicos prestados de manutenção de polinizadores, recursos genéticos e dos recursos hídricos (PILLAR *et al.* 2012). A legislação ambiental atuante ainda não é aplicada adequadamente (PILLAR *et al.* 2012) e a quantidade de áreas de proteção ainda é insuficiente (ROESCH *et al.* 2009). Porém, existe uma relação entre uso racional dos campos e conservação das suas propriedades: onde a interferência é sustentável, humana ou não, a substituição dos campos por florestas não ocorre (OVERBECK *et al.*, 2007). Levando em conta que os grandes herbívoros co-evoluíram com gramíneas na América

do Sul desde o Mioceno, o gado doméstico poderia substituir o nicho da megafauna previamente extinta (PILLAR *et al.*, 2012).

Ainda existem cerca de 40% áreas com vegetação original, incluindo somente 11 a 13% bem conservados (OVERBECK *et al.*, 2007), mas menos de 0,5% está sob proteção em unidades de conservação, equivalente a 453 km² (MMA, 2002). As regras de conservação do governo brasileiro preveem pelo menos 10% de cada bioma e formação vegetal em unidades de conservação (BEHLING *et al.*, 2009). Poucas políticas públicas foram aplicadas para remediar e diminuir o impacto das atividades humanas sobre o Pampa e a carência de estudos também é preocupante (PILLAR *et al.*, 2012).

Ocorrem cerca mais de 2.200 espécies campestres sub-estudadas (MATEI & FILLIPI, 2012), incluindo 250 ameaçadas de extinção (SILVA & PERELLÓ, 2010). Já foram desenvolvidos levantamentos florísticos brasileiros (BOLDRINI *et al.*, 1998; FREITAS *et al.*, 2009; 2010), que revelam uma alta diversidade vegetal, principalmente as famílias Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae, Apiacea, Oxalidaceae, Verbanaceae e Iridaceae (OVERBECK *et al.* 2007). Além disso, o bioma apresenta 21 espécies de vertebrados endêmicas (Zarth &Gerhardt, 2009).

A família Leguminosae (Fabaceae)

A família Leguminosae ou Fabaceae compreende cerca de 19.000 espécies cosmopolitas, incluídas em 650 gêneros no mundo e cerca de 200 gêneros que incluem 2.700 espécies, o que torna esta família a mais abundante no país (SOUZA & LORENZI, 2012). Dentre as importâncias econômicas deste grupo podemos destacar a utilização na alimentação como a soja (*Glycine max*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*) e na adubação verde, especialmente com a subfamília Papilionoideae, devido a associação com o gênero de bactérias fixadores de nitrogênio *Rhizobium* (SOUZA & LORENZI, 2012). No entanto, também se utilizam estas espécies para forrageio de animais, como a *Prosopis juliflora* (PEGADO *et al.* 2006), enriquecimento do solo com espécies como o feijão-guandu (*Cajanus cajan*), para ornamentação e arborização de espaços urbanos (LINDENMAIER & SANTOS, 2008; VALE *et al.* 2011).

A divisão em subfamílias tem sido bastante discutida. Tradicionalmente se assume que seja uma só família com três subfamílias: Papilionoideae, Caesalpinoideae e Mimosoideae, embora Cronquist (1988) tenha proposto que cada subfamília consiste em uma família de fato. Alguns estudos vêm comprovando que estes ramos não são monofiléticos e sugerindo, inclusive, a criação de novos grupos taxonômicos, mas a nomenclatura antiga tem sido mantida devido a sua ampla aceitação (SOUZA & LORENZI, 2012).

A família apresenta diversas arquiteturas e ontogenias florais específicas para cada subfamília (TUCKER, 2003). Segundo o mesmo autor, essa diversidade morfológica é refletida nos sistemas sexuais variados: Caesalpinoideae é considerada basal com flores funcionalmente unissexuais e ocorrência de apomixia (ARROYO, 1981). A partir deste táxon divergiram as demais: Papilionoideae que apresenta flores zigomorfas bilaterais e especializadas com unissexualidade rara (TUCKER, 2003). Mimosoideae, por sua vez, inclui flores com simetria radial e unissexualidade mais comum (TUCKER, 2003).

As flores divergem dentre as três subfamílias em morfologia e estratégia reprodutiva: sendo basal, Caesalpinoideae apresenta em sua maioria flores com polinização aberta, padrões de reflexão ou absorvância de UV e néctar e pólen expostos e pouca diferenciação floral, quando em inflorescências (ARROYO, 1981). Papilionoideae é altamente especializada, com relação íntima entre a morfologia floral e características específicas do visitante, flor que é em sua grande maioria a unidade de polinização, como em Caesalpinoideae (ARROYO, 1981). Nessa família mais especializada, segundo Tucker (2003), cada pétala tem sua função e uma estrutura denominada 'quilha' protege a coluna estaminal, enquanto outras duas pétalas são modificadas para servir de plataforma para pouso do polinizador, com padrões de reflexão de UV na pétala de atração e mecanismos explosivos de liberação de pólen (ARROYO, 1981). Para Papilionoideae tem ainda registros de cleistogamia, onde os botões também podem se autopolinizar sem abertura floral, com ou sem dimorfismo floral e ativadas ou não por interferência ambiental (CULLEY & KLOOSTER, 2007).

Mimosoideae, por sua vez, tem na sua linha de evolução uma redução no tamanho da flor e simetria radial com pétalas mais rígidas (ARROYO, 1981). Flores pequenas seriam vantajosas em ambientes áridos e semi-áridos (TYBIRK, 1997) e ocasionou uma mudança da unidade de polinização da flor para a inflorescência mais compactada (TUCKER, 2003). Com tantas flores, a ocorrência de flores com esterilidade feminina ou masculina ou neutra é mais

comum, como *Parkia* e *Dichrostachys*, onde existe especialização relacionada a áreas florais específicas (ARROYO, 1981). Segundo o mesmo autor, devido a mudança de unidade de polinização, as flores não são tão diferenciadas entre si e sem guias de néctar, mas sim quanto as porções férteis e inférteis e o pólen e o néctar estão expostos com polinização aberta para maximizar as visitas da inflorescência, mesmo que depois a taxa de aborto seja alta devido ao excesso de flores produzidas por inflorescência (SOLBRIG & CANTINO, 1975).

Este grupo recebe visitas de diversos visitantes florais, com predominância de flores melitófilas, especialmente em Papilionoideae e é uma das maiores fontes de pólen para abelhas (ARROYO, 1981). Mas, também tem registros de flores ornitófilas, menos frequentes Mimosoideae (ARROYO, 1981; TYBIRK, 1997) e quiropterófilas, que por sua vez são menos comuns em Papilionoideae (ARROYO, 1981).

O gênero Prosopis (Mimosoideae)

Prosopis sp., pertencente a subfamília Mimosoideae, apresenta 45 espécies distribuídas na Ásia e na África, e principalmente no continente americano (**Tabela A**), onde se encontram 70% destas espécies (RIBASKY *et al.*, 2009). Cerca de 94% dos representantes do gênero são nativos da Argentina e proximidades (**Tabela A**; LIMA & SILVA, 1991) e possuem grau de tolerância razoável a congelamento e salinidade, sendo inclusive consideradas espécies invasoras no nordeste do Brasil e em outros locais devido a capacidade de adaptação, como evidenciados pela **Tabela B** (BURKART, 1976; PASIECZNIK *et al.*, 2001). Segundo Catalano *et al.* (2008), este táxon teve diversificação e dispersão em paralelo com o estabelecimento de climas áridos na América.

Juntamente com *Acacia*, no Rio grande do Sul ocorrem em formações savana-parque, que possuem apenas 7,09% incluídos em áreas de conservação (OVERBECK *et al.*, 2007), abaixo do percentual de 10% indicado (MMA, 2002). Pólen de *Prosopis sp.* está presente no Parque Estadual do Espinilho desde 2.328 anos AP (EVALDT *et al.*, 2014), local do início da migração desta espécie no RS (MARCHIORI & ALVES, 2011b). No complexo *Acacia-Prosopis* ocorre a transição entre floresta atlântica, chaco e formações do Spiñal, englobando

Tabela A: Sistemática de *Prosopis* de acordo com Burkart (1976) e atualizada segundo Lima (1999), incluindo os locais de origem (Lima, 1999) e introdução destas espécies de acordo com Pasiecznik *et al.* (2001)

Espécie	Origem	Introduzida em
Seção PROSOPIS		
<i>P. cineraria</i> (L.) Druce	Paquistão	
<i>P. farcta</i> (Solander ex Russell) Macbride	Israel, Jordão, Síria, Arábia Saudita, Irã, Transcaucásia, Turquia	
<i>P. koelziana</i> Burkart	Sudoeste da Ásia e Norte da África	
Seção ANONYCHIUM		
<i>P. africana</i> (Guill., Perr. & Rich.) Taubert	África tropical	
Seção STROMBOCARPA		
Série Strombocarpae		
<i>P. strombulifera</i> (Lam.) Benth	Argentina, Paraguai	
<i>P. reptans</i> Benth	Argentina, Paraguai	
<i>P. abbreviata</i> Benth	Argentina, Paraguai	
<i>P. torquata</i> Cavanilles ex Lagasca) DC.	Argentina, Paraguai	

Espécie	Origem	Introduzida em
<i>P. pubescens</i> Bentham	EUA, México	
<i>P. palmeri</i> Watson	EUA, México	
<i>P. burkartii</i> Muñoz	Chile	
Série Cavenicarpae		
<i>P. ferox</i> Grisebach	Chile	
<i>P. tamarugo</i> F. Philippi	Chile	
Seção MONILICARPA		
<i>P. argentina</i> Burkart	Argentina	
Seção ALGAROBIA		
Série Sericanthae		
<i>P. sericantha</i> Gillies ex Hooker & Arnott	Argentina, Paraguai	
<i>P. kuntzei</i> Harms	Argentina, Paraguai	
<i>P. nuda</i> Schinini	Argentina, Paraguai	
Série Ruscifoliae		
<i>P. ruscifolia</i> Grisebach	Argentina, Paraguai	

Espécie	Origem	Introduzida em
<i>P. fiebrigii</i> Harms	Argentina, Paraguai	
<i>P. vinalillo</i> Stuckert	Argentina, Paraguai	
<i>P. hassleri</i> Harms	Argentina, Paraguai	
Série Denudantes		
<i>P. denudans</i> Bentham	Argentina	
<i>P. ruizleali</i> Burkart	Argentina	
<i>P. castellanosi</i> Burkart	Argentina	
<i>P. calingastana</i> Burkart	Argentina	
Série humiles		
<i>P. humilis</i> Gillies ex Hooker & Arnott	Argentina, Paraguai	
<i>P. rojasiana</i> Burkart	Argentina, Paraguai	
Série Pallidae		
<i>P. rubriflora</i> E. Hassler	Argentina, Paraguai	
<i>P. campestris</i> Grisebach	Argentina, Paraguai	
<i>P. pallida</i> (Humboldt & Bonpland ex Willd.) H.B.K.	Chile	Austrália, Hawaii, Brasil

Espécie	Origem	Introduzida em
<i>P. affinis</i> Sprengel	Argentina, Uruguai, Paraguai	
<i>P. articulata</i> S. Watson	EUA, México	
<i>P. elata</i> (Burkart) Burkart	Argentina, Paraguai	
<i>P. tamaulipana</i> Burkart	EUA, México	
Série Chilenses		
<i>P. chilensis</i> (Molina) Stintz Emend. Burkart	Argentina, Paraguai, Chile	
<i>P. juliflora</i> Schwartz DC.	Venezuela, Colômbia, México, Chile	EUA, Sudão, Eritréia, Iraque, Paquistão, Índia, Austrália, África do Sul, Ilhas do Caribe e do Atlântico, Brasil
<i>P. nigra</i> (Grisebach) Hieronymus	Argentina, Paraguai	
<i>P. caldenia</i> Burkart	Argentina, Paraguai	
<i>P. laevigata</i> (Humboldt & Bonpland ex Willd.) M.C.	EUA, México	
<i>P. flexuosa</i> DC.	Argentina, Paraguai	
<i>P. glandulosa</i> Torrey	EUA, México	Austrália, África do Sul, Namíbia
<i>P. alpataco</i> R. A. Philippi	Argentina, Paraguai	

Espécie	Origem	Introduzida em
<i>P. alba</i> Grisebach	Argentina, Paraguai	
<i>P. velutina</i> Wooton	EUA, México	Austrália, África do Sul
<i>P. pugionata</i> Burkart	Argentina, Paraguai	

um dos polos de especiação desta espécie na América do Sul (RIBASKY *et al.*, 2009). Estas espécies ainda são muito importantes para a cultura e economia local, já que dentre os recursos explorados se destacam a madeira, cujo tipo de uso e grau de exploração vai depender do porte da árvore (PASIECZNIK *et al.*, 2001). A qualidade da madeira e do carvão produzido com ela varia de espécie para espécie, mas é tido como alta (FAO 1997, NAS 1980).

Sabe-se que leguminosas tendem a maximizar a economia de pólen e néctar para atrair variados polinizadores para a inflorescência (ARROYO, 1981), importantes devido a tendência a autoincompatibilidade floral (AIZEN & FEINSINGER 1994; OLIVEIRA & PIRES, 1990; SAJJAD *et al.*, 2012) das flores hermafroditas (RIBASKY *et al.*, 2009). Uma estratégia comum que concede estabilidade reprodutiva a essas espécies é o ajuste da fenologia da floração, onde esta as flores têm curta duração, mas as populações apresentam indivíduos com floração precoce e tardia (PARIZEK *et al.* 2000). Assim, segundo o mesmo autor, a população tem floração funcionalmente mais longa e além disso, ocorrendo inclusive na estação seca onde as demais espécies não apresentam flores, como observou-se para *P. flexuosa* e *P. chilensis*. Essa última característica ainda foi levantada por Pasiecznik *et al.* (2001) como uma razão para que estas espécies sejam tão importantes para a manutenção das comunidades de polinizadores locais como fonte de pólen e néctar.

O pólen do grupo é mônade (CACCAVARI, 1996), de maneira que é preciso uma maior efetividade de cada evento de polinização, ao contrário de *Acacia* que apresenta pólen agrupado em políades (TYBIRK, 1997). As flores têm cor amarela (PASIECZNIK *et al.*, 2004) e existem registros de flores protogínicas e polinização cruzada em *P. alba*, *P.*

Tabela B: Características gerais de *Prosopis spp.* (extraído de Pasiecznik *et al.* 2001)

Espécie	Altura máxima (m)	Comprimento do espinho (mm)	Tolerância a congelamento*	Tolerância a salinidade	Invasora
<i>P. affinis</i>	2-8	3-25	Alguma	Alguma	Alguma
<i>P. africana</i>	4-20	0	Não	Alguma	Não
<i>P. alba</i>	5-15	0-40	Alguma	Alguma	Alguma
<i>P. caldenia</i>	4-12	5-25	Sim	Não	Sim
<i>P. chilensis</i>	3-10	0-60	Sim	Sim	Sim
<i>P. cineraria</i>	0-7	3-8	Sim	Sim	Alguma
<i>P. flexuosa</i>	3-10	0-40	Alguma	Alguma	Alguma
<i>P. fiebrigii</i>	4-15	2-10	Alguma	Alguma	Não
<i>P. glandulosa</i>	3-9	10-45	Sim	Sim	Sim
<i>P. hassleri</i>	6-10	0	Alguma	Alguma	Não
<i>P. juliflora</i>	3-12	0-50	Não	Sim	Sim
<i>P. kuntzei</i>	4-10	80-500	Alguma	Alguma	Alguma
<i>P. laevigata</i>	3-7	5-25	Sim	Sim	Alguma

Espécie	Altura máxima (m)	Comprimento do espinho (mm)	Tolerância a congelamento*	Tolerância a salinidade	Invasora
<i>P. nigra</i>	4-10	0-35	Alguma	Sim	Alguma
<i>P. pallida</i>	8-20	0-40	Não	Sim	Sim
<i>P. pubescens</i>	2-10	2-20	Sim	Alguma	Alguma
<i>P. pugionata</i>	2-8	20-95	Alguma	Alguma	Alguma
<i>P. ruscifolia</i>	5-12	10-330	Alguma	Sim	Sim
<i>P. tamarugo</i>	-18	5-38	Alguma	Sim	Não
<i>P. velutina</i>	-15	10-20	Sim	Alguma	Sim
<i>P. vinalillo</i>	3-10	5-120	Alguma	Alguma	Alguma

*A tolerância a congelamento é aproximadamente de: ‘não’ = morta até -5°C, ‘Alguma’ = morta entre -5°C a -15°C e ‘Sim’ = tolera temperaturas abaixo de -15°C.

chilensis, *P. flexuosa*, *P. glandulosa*, *P. ruscifolia* e *P. velutina* (BESSEGA *et al.*, 2000). Hoc *et al.* (1994) quando estudou *P. chilensis*, *P. pugionata*, *P. flexuosa* e *P. torquata* ainda observou que estas flores apresentavam tristilia do gineceu com flores com estigma curto não-receptivas, mas sem indicação de protoginia e principalmente que estas espécies seriam assim funcionalmente andromonóicas. A andromonoícia tem como vantagem aumentar a oferta de pólen para visitantes florais (PEDERSOLI, 2013)

Sua polinização é aberta (**Tabela C**), com diversos visitantes florais já observados tais como: abelhas (GOLUBOV *et al.*, 2010; GORAIN *et al.*, 2012), borboletas (GORAIN *et al.*, 2012; SAJJAD *et al.*, 2012), pássaros (GOLUBOV *et al.*, 2001) como beija-flores (GORAIN *et al.*, 2012), vespas (AIZEN & FEINSINGER, 1994; SAJJAD *et al.*, 2012), moscas (GORAIN *et al.*, 2012; SAJJAD *et al.*, 2012), besouros (KEYS *et al.*, 1995; SAJJAD *et*

al., 2012) e mariposas (KEYS *et al.*, 1995; TORO, 2002). O espectro de abelhas polinizadoras observado para as espécies do gênero é amplo, pois as flores são fontes de pólen para produção de mel e cera (PASIECZNIK *et al.*, 2001), mas são visitadas principalmente por abelhas grandes com padrões de voo longos (SIMPSON *et al.*, 1977).

Os frutos por sua vez são utilizados como suplemento alimentar para animais, além de serem muito atacados por insetos que se alimentam de sementes, especialmente besouros da subfamília Bruchinae (PASIECZNIK *et al.*, 2001). Forrageadores interagem de maneira positiva em formações Savana-Parque, desde que algumas *Prosopis sp.* tem dispersão e germinação de sementes mais efetiva quando essas sementes percorrem o trato digestivo de animais, como o complexo *P. juliflora* - *P. pallida* (PASIECZNIK *et al.*, 2001) e forrageio por camelos, gado, bodes (WEBER *et al.*, 2008), ovelhas e lhamas (TORO, 2002). Além disso, a dispersão endozoocórica de sementes pode facilitar o avanço de espécies florestais de acordo com a intensidade e direção da migração de forrageadores (OVERBECK *et al.*, 2007). Compostos químicos oriundos desses vegetais também podem ser utilizados para produzir medicamentos (PASIECZNIK *et al.*, 2001)

Para *Prosopis*, estudos de diversidade genética demonstram que apesar das tendências de incompatibilidade floral (ARROYO, 1981), protoginia e polinização cruzada obrigatória (SIMPSON, 1977) ocorrem excesso de homozigotos em diversas populações estudadas (para mais detalhes consultar BESSEGA *et al.*, 2000). Esse fato aponta para níveis razoáveis de auto cruzamento em algumas espécies e sistemas reprodutivos mais flexíveis do que o esperado (BESSEGA *et al.*, 2000). O último autor aponta também que a similaridade entre as frequências alélicas entre pólen e óvulo indicam limitação na dispersão do pólen. No entanto, a conclusão mais expressiva foi a baixa diferenciação genética e as altas taxas de variabilidade genética relacionadas a hibridização natural (BESSEGA *et al.*, 2000), embora Saidman *et al.* (1998) tenha observado que o fluxo genético entre populações fosse insignificante, de modo que a ocorrência de híbridos sozinha não explica a alta similaridade entre as espécies do táxon Algarobia. Alta variabilidade genética também já foi observada em *P. juliflora* no Sudão (HAMZA *et al.*, 2010), *P. strombulifera* (LLANES *et al.*, 2011), *P. ruscifolia* (BURGHARDT & PALACIOS, 1998) e *P. ferox* (BURGHARDT *et al.*, 2004) na Argentina e *P. chilensis*, *P. juliflora* e *P. pallida* no Quênia (MUTURI *et al.*, 2012), bem como populações com indivíduos híbridos no Quênia (MUTURI *et al.*, 2012) e na Argentina (NARANJO *et al.*, 1984)

No Brasil, a maior distribuição do gênero se encontra no Nordeste do país, devido a introdução de *P. juliflora*, nativa do Peru, como alternativa a seca do semiárido (AZEVEDO, 1955). Porém, juntamente com *P. juliflora*, intencionalmente ou não, foi introduzida *P. pallida* (BURKART, 1976; OLIVEIRA, 2012) e suspeitava-se também da ocorrência de *P. hassleri* (AZEVEDO, 1955), embora esta última tenha sido considerada variante de *P. juliflora* por Burkart (1976). Essa introdução não foi bem estudada e/ou assistida e hoje se observam as consequências disso: redução na biodiversidade local e mudanças fito fisionômicas (NASCIMENTO *et al.*, 2014; PEGADO *et al.*, 2006; VILAR, 2006). No Sul do país espécies de *Prosopis* sp. ocorrem, apesar de serem consideradas nativas, numa área de distribuição menor devido a exploração exaustiva dos Pampas chaquenhos (GALVANI, 2003; SILVA, 1986). Destacando-se *P. affinis* e *P. nigra*, embora esta última tenha distribuição mais restrita no estado do Rio Grande do Sul (MARCHIORI & ALVES, 2011b; SILVA, 1986).

O inhanduvá (Prosopis affinis Spreng.)

Prosopis affinis Spreng. (**Figuras A e B**) é ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul (FUNDAÇÃO ZÔOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2014) e um elemento arbóreo importante das regiões chaquenhos (*sensu* WAECHTER, 2002). A conservação desta espécie, assim como as demais ocorrentes nos chacos, é urgente e a indicação de áreas para proteção tem alto impacto na manutenção das populações naturais de *P. affinis* e das demais espécies interligadas a esta espécie através de relações ecológicas estabelecidas a partir da facilitação das sucessões ecológicas seguintes nas matas ciliares (MARCHIORI & ALVES, 2011b).

Era previamente proposto por Galvani (2003) que *P. affinis* espécie só ocorria naturalmente no Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí-RS. Mas foram encontrados parques naturais da espécie em mais cinco municípios: na Cabanha do Loreto em São Vicente do Sul (MARCHIORI *et al.*, 2010), na várzea do Rio Ibicuí em Cacequi (MARCHIORI&ALVES, 2011a), na várzea do rio Santa Maria em Rosário do Sul (ALVES & MARCHIORI, 2011a), no arroio Itapororó no Alegrete (Alves & Marchiori, 2011b) e na região do Jarau, Quaraí (ALVES & MARCHIORI, 2010).

Tabela C: Biologia floral e ecologia da polinização do gênero *Prosopis* de acordo com o autor

Espécie	Polinização	Visitantes florais	Recurso floral	Sistema Reprodutivo	Outros	Referência
<i>P. affinis</i>		Abelhas	Pólen			Izaguirre & Beyaut (2003), Galera (2000)
<i>P. africana</i>	Cruzada					Montes & Weber (2009)
<i>P. alba</i>	Cruzada	Insetos	Pólen	SC	Protoginia	Bessegga <i>et al.</i> (2000), FAO (2000)
<i>P. chilensis</i>	Cruzada	Abelhas	Pólen	SC	Protoginia, assincronia da floração de indivíduos, tristilia de estigma e anteras, andromonoiccia funcional	Bessegga <i>et al.</i> (2000), Hoc <i>et al.</i> (1994), Michelette & Camargo (2000), Parizek <i>et al.</i> (2000)
<i>P. cineraria</i>	Cruzada	Abelhas, borboletas, beija-flores, vespas	Néctar, Pólen			Gorain <i>et al.</i> (2012)

Espécie	Polinização	Visitantes florais	Recurso floral	Sistema Reprodutivo	Outros	Referência
<i>P. flexuosa</i>	Cruzada	Abelhas	Néctar, Pólen	SC	Protoginia, assincronia da floração de indivíduos, tristilia de estigma e anteras, Andromonoiccia funcional	Bessegas <i>et al.</i> (2000), Hoc <i>et al.</i> (1994), Michelette & Camargo (2000), Parizek <i>et al.</i> (2000)
<i>P. glandulosa</i>	Cruzada	Abelhas	Néctar, Pólen	SC	Protoginia	Bessegas <i>et al.</i> (2000), Golubov <i>et al.</i> (2010)
<i>P. juliflora</i>		Abelhas, vespas, moscas, besouros, borboletas	Néctar, Pólen	SI		Sajjad <i>et al.</i> (2012)
<i>P. nigra</i>		Abelhas, vespas	Pólen	SI		Aizen & Feinsinger (1994)
<i>P. pugionata</i>			Pólen		Tristilia de estigma e anteras, andromonoiccia funcional	Hoc <i>et al.</i> (1994)
<i>P. ruscifolia</i>	Cruzada		Pólen	SC	Protoginia	Bessegas <i>et al.</i> (2000)

Espécie	Polinização	Visitantes florais	Recurso floral	Sistema Reprodutivo	Outros	Referência
<i>P. strombulifera</i>		Abelhas				Michelette & Camargo (2000)
<i>P. tamarugo</i>		Abelhas, mariposas, borboletas, moscas	Pólen		Sem anemofilia	Toro (2002)
<i>P. torquata</i>			Pólen	SI	Tristilia de estigma e anteras, andromonoicia funcional	Hoc <i>et al.</i> (1994)
<i>P. velutina</i>	Cruzada	Abelhas, mariposas, besouros	Pólen	SC	Protoginia	Bessegá <i>et al.</i> (2000), Hoc <i>et al.</i> (1994), Keys <i>et al.</i> (1995)

A partir destas novas descobertas, Marchiori & Alves (2011b) elaborou uma provável rota imigratória da espécie no estado de acordo com as características geográficas e proximidades das populações. A espécie teria migrado pela bacia do rio Quaraí, ligando as populações de Barra do Quaraí e Quaraí; e simultaneamente pela do rio Ibicuí, conectando as demais no sentido do interior do estado (MARCHIORI & ALVES, 2011b), ocorrendo desta maneira, somente em formações de origem sedimentar. No entanto, poucos estudos acerca da biologia da espécie têm sido desenvolvidos no Rio Grande do Sul, exceto com relação a distribuição geográfica (MARCHIORI & ALVES, 2011b) e caracteres morfológicos diferenciados entre regiões (MARCHIORI *et al.*, 2011). No Uruguai, no entanto, alguns

Figura A: Aspecto geral da árvore de *Prosopis affinis* Spreng.



Figura B: Aspecto geral do fruto de *Prosopis affinis* Spreng.



trabalhos de biologia floral dizem que as flores têm cor amarela e outras características (IZAGUIRRE & BEYAUT, 2003) que a definiriam como melitófilas (FAEGRI & PIJL, 1979), além de visitas já registradas de abelhas no Uruguai (GALERA, 2000).

HIPÓTESES

Dada a situação atual de degradação do bioma Pampa e diversidade de sistemas reprodutivos observada no grupo das Leguminosas, é razoável que haja algum tipo de seleção ou processo de diferenciação entre as flores na inflorescência relacionado a posição de cada flor. Isto por que uma alocação mais direcionada de nutrientes é vantajosa para indivíduos que tenham a inflorescência como unidade funcional de polinização. Condições climáticas, que por sua vez influenciam na presença e abundância de visitantes florais.

Como o Pampa é formado por um mosaico de paisagens heterogêneas e com dinâmica complexa entre seu uso e manutenção dos serviços ecológicos, espera-se que a presente espécie tenha sistema reprodutivo flexível e auto compatível para não depender tanto do serviço de polinizadores, especialmente abelhas como já observado para o gênero,

para efetivar o seu sucesso reprodutivo. Dessa maneira, a espécie estaria apta a subsistir num ambiente fragmentado como a paisagem atual do Pampa e seria também relevante para compreender como os vegetais se adaptam a condições tão diversas ao longo do ano.

OBJETIVOS GERAIS

Considerando o estado de degradação e conservação do Pampa e relevância da espécie, se faz urgente a investigação da biologia das espécies e como estas se relacionam com o habitat. Desse modo, através de indicadores ecológicos e reprodutivos, se objetiva estimar o sistema reprodutivo e modo de reprodução de *Prosopis affinis* e como esta estratégia se relaciona com o atual status da espécie e do bioma em que ela subsiste.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Investigar diferenciação reprodutiva e morfológica relacionada as porções florais de *Prosopis affinis*;
- II. Relacionar estratégias reprodutivas com a história e atual status de conservação da espécie e do bioma Pampa.

METODOLOGIA EMPREGADA

Espécie alvo

Prosopis affinis Spreng. (Inhanduvá) é uma Mimosoideae - Leguminosae arbórea (Souza & Lorenzi, 2012) ameaçada no Rio Grande do Sul (Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014) e elemento importante dos Chacos (*sensu* Waechter, 2002). É nativa da América do Sul ocorrendo na Bolívia, Paraguai, Argentina, Uruguai e América do Sul (Burkart, 1976), Peru (Ferreyra, 1987) e Brasil (Lima & Silva, 1991).

Local de estudo

Atualmente, são descritas seis populações de *P. affinis* no Rio Grande do Sul (**Figura C**; MARCHIORI & ALVES, 2011b) com ocorrência nos municípios de Cacequi, Quaraí, São Vicente, Alegrete, Barra do Quaraí e Rosário do Sul. Dessa maneira, a espécie recebeu o status de vulnerável na Lista da Flora Ameaçada do Rio Grande do Sul (FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Essas populações ocorrem em vegetação estepe-savana em áreas sedimentares (MARCHIORI & ALVES, 2011b) com clima Cfa caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos suaves a fresco (KÖPPEN, 1931). A população de São Vicente do Sul contém cerca de 40 indivíduos, enquanto as outras tem mais indivíduos isolados próximos a plantações de arroz e soja. O uso inadequado da terra por causa do sobre pastejo têm gerado alguns núcleos de desertificação no sudeste do estado (OVERBECK *et al.*, 2007).

Diferenciação floral e biologia da espécie

Inflorescências foram coletadas em fevereiro/2014 em três populações naturais: Cabanha do Loreto em São Vicente do Sul (SV), Fazenda Santa Fé em Cacequi (Cac) e Fazenda do Jarau Velho em Quaraí (Qua) no bioma Pampa, no Rio Grande do Sul (destacados em vermelho na Figura G). Flores preservadas com álcool 70% foram analisadas no Laboratório de Estudos de Biodiversidade do Pampa (LEBIP), Fundação Universidade Federal do Pampa. Material botânico foi coletado e herborizado (FIDALGO & BONONI, 1989) e se encontra sob os seguintes números de registro: Nº 670 (Quaraí), Nº729 e 745 (São Vicente do Sul) e Nº 731 (Cacequi).

Figura G: Ocorrência do bioma Pampa destacado em verde claro no Rio Grande do Sul e em maior detalhe os pontos de ocorrência dos parques de *Prosopis affinis* Spreng. no Pampa (Marchiori *et al.*, 2011), destacados em vermelho os pontos de coleta: Cabanha do Loreto em São Vicente do Sul (SV), Fazenda Santa Fé em Cacequi (Cac) e Fazenda do Jarau Velho em Quaraí (Qua).



Variações morfológicas e de razão pólen/óvulos (Cruden, 1977) foram avaliadas comparativamente e estatisticamente entre flores de base, meio e ápice floral e a biologia floral da espécie foi acessada com índice de polinização cruzada (Cruden, 1977; OCI), razão semente/óvulo (Wiens *et al.*, 1987) e flores por inflorescência. Adicionalmente, para futuras ações de reflorestamento calculou-se o peso de 1,000 sementes. Contagens que envolvem sementes foram feitas na população de São Vicente do Sul, devido à ausência de frutos de outras regiões.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A. & FEINSINGER, P. **Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina.** *Ecology* 75:330-351. 1994
- ALVES, F. da S. & MARCHIORI, J.N.C. **O inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 2 – Ocorrência natural na região do Parque do Jarau, Quaraí.** *Balduinia (UFMS)*, n.25 1-9 pp. 2010.

- ALVES, F. da S. & MARCHIORI, J.N.C. **O inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 5 – Ocorrência natural na várzea do rio Santa Maria, Rosário do Sul.** Balduinia (UFSM) Santa Maria, n. 27 1-7 pp. 2011a.
- ALVES, F. da S. & MARCHIORI, J.N.C. **O inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 7 – Ocorrência natural na planície de inundação do arroio Itapororó, município de Alegrete.** Balduinia (UFSM), n. 28 1-7 pp. 2011b.
- ARROYO, M.T.K. **Breeding systems and pollination biology in Leguminosae.** pp. 723-769. *In: Advances in Legume Systematics.* (Eds.) R. M. Polhill and P. H. Raven. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.1981.
- AZEVEDO, G. de. **Algaroba.** Natal: [s.n], 13p.1955.
- BEHLING, H.; JERUSKE-PIERUSCHKA, V.; SCHÜLER, L. & PILLAR, V.P. **Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio;** pp. 13-25. *In: V. D. Pillar, S. C. Müller, Z.M.S. Castilhos e A.V.A. Jacques (Eds.). Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade.* MMA, Brasília, DF.2009.
- BESSEGA C.; FERREYRA L.; JULIO N.; MONTOYA S.; SAIDMAN B. & VILARDI J. C. **Mating system parameters in species of genus *Prosopis* (Leguminosae).** *Hereditas* 132, 19–27.2000.
- BOLDRINI I. I.; MIOTTO, S. T. S.; LONGHI-WAGNER, H. M.; PILLAR, V. D.; MARZALL, K. **Aspectos florísticos e ecológicos da vegetação campestre do Morro da Polícia, Porto Alegre, RS, Brasil.** *Acta Botanica Brasilica* 12:89-100.1998.
- BURGHARDT, A.; ESPERT, S. & BRAUNWILKE, R. **Variabilidad genética en *Prosopis ferox* (Mimosaceae).** *Darwiniana* 42: 31-36. 2004.
- BURGHARDT, A. & PALACIOS, R. **Variabilidad intraespecífica en *Prosopis ruscifolia* Griseb. (Leguminosae).** *Physis* 55: 49-57. 1998.
- BURKART, A. **Monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae).** *Journal of the Arnold Arboretum, Harvard Univ., Cambridge, Massachusetts.* v. 57, n 3: 217-525.1976.
- CACCAVARI, M.A. **Analysis of the South American fossil pollen record of Mimosoideae (Leguminosae).** *Rev. Palaeobot. Palynol.* 94: 123 – 135.1996.
- CATALANO, S.A.; VILARDI, J.C.; TOSTO, D. & SAIDMAN, B.O. **Molecular phylogeny and diversification history of *Prosopis* (Fabaceae: Mimosoideae).** *Biological Journal of the Linnean Society* 93: 621–640.2008.
- CRONQUIST, A. **The Evolution and Classification of Flowering Plants.** Second Edition. Bronx, NY: The New York Botanical Garden.1988.
- CRUDEN, R.W. **Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants.** *Evolution* 31: 32-46.1977.
- CRUZ, R.C. & GUADAGNIN, D.L. **Uma pequena história ambiental do Pampa: proposta de uma abordagem baseada na relação entre perturbação e mudança.** 2010. *In:*

- COSTA, B. P.; DIECKEL, M. E. G. (Org.). **A sustentabilidade da Região da Campanha-RS: Práticas e teorias a respeito das relações entre ambiente, sociedade, cultura e políticas públicas**. Santa Maria-RS: UFSM, PPG Geografia e Geociências, Dep. de Geociências, 1:155-179.2010.
- CULLEN, T.M. & KLOOSTER, M.R. **The cleistogamous breeding system: A review of its frequency, evolution, and ecology in Angiosperms**. The Botanical Review. 73 (1):1-30. 2007.
- EEVALDT, A.C.P.; BAUERMANN, S.G.; SOUZA, P.A. de. **Registros polínicos para o Holoceno tardio da região da Campanha (Rio Grande do Sul, Brasil) e seu significado na história dos paleoambientes da Savana Estépica Parque**. Revista Brasileira de Paleontologia, 17:183-194. 2014.
- FAEGRI, K. & PIJL, V.D.L. **Principles of pollination ecology**. Pergamon Press, Oxford. 244 pp.1979.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION). **Especies Arboreas y Arbustivas para las Zonas Aridas y Semiaridas de America Latina**. FAO, Santiago, Chile.1997.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION). **El género *Prosopis* “algarrobos” en américa latina y el Caribe. distribución, bioecología, usos y manejo**. 2000.
- FERREYRA, R. **Estudo sistemático de las algarrobos de la Costa Norte del Peru**. Lima: Direccion de Investigacion Forestal à Fauna, 1987. 31p.
- FIDALGO, O. & BONONI, V.L.R. **Técnica de coleta, preservação e herborização de material botânico**. (Série Documentos) São Paulo. 62p. 1989.
- FREITAS, E.M.; BOLDRINI, I.I.; MÜLLER, S.C.; VERDUM, R. **Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Acta Botanica Brasilica 23:414-426. 2009.
- FREITAS, E. M.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A. & BOLDRINI, I. I. **Floristic diversity in areas of sandy soil grasslands in Southwestern Rio Grande do Sul, Brazil**. Revista Brasileira de Biociências 8:112-130. 2010.
- FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL. Anexo I.<http://www.fzb.rs.gov.br/>. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 08 dec. 2014. Web. 17 jan.
- GALERA, F. **Los algarrobos: las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico**. Córdoba: UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología, 269 p.2000.
- GALVANI, F.R. **Vegetação e aspectos ecológicos do Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, RS**. Tese de Doutorado no Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 132 pp.2003.
- GOLUBOV, J.; MANDUJANO, M.; EGUIARTE, L. **The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): invading species or biodiversity enhancers?** Boletín de la Sociedad Botánica de México, 69: 23-30. 2001.

- GOLUBOV, J.; MANDUJANO, M.C., MARTÍNEZ, A.J. & LÓPEZ-PORTILLO, J. **Bee diversity on nectarful and nectarless honey mesquites.** *Journal of Insect Conservation* 14:217–226. 2010.
- GORAIN, M.; CHARAN, S.K. & AHMED, S.I. **Role of insect bees in the pollination of *Prosopis cineraria* (L.) Druce (Leguminosae, Subfamily Mimosoideae) in Rajasthan.** *Advances in Applied Science Research* 3:3448–3451. 2012.
- HAMZA, B.N. **Genetic variation within and among three invasive *Prosopis juliflora* (Leguminosae) populations in the River Nile State, Sudan.** *International Journal of Genetics and Molecular Biology* 2:92-100.2010.
- HOC, P.S.; AGULLÓ, M.A. & PALACIOS, R. **Stylar trimorphism in four functionally andromonoecious *Prosopis* species (Mimosaceae).** *Plant Systematics and Evolution* 190, 143–156. 1994.
- IZAGUIRRE, P. & BEYAUT, R. **Las Leguminosasen Uruguay y regions vecinas.** Editorial Agropecuária Hemisfério Sur S.R.L., Montevideo, 302 pp.2003.
- KEYS, R.N.; BUCHMANN, S.L. & SMITH, S.E. **Pollination effectiveness and pollination efficiency of insects foraging *Prosopis velutina* in south-eastern Arizona.** *J Appl Ecol* 32:519–527.1995.
- KÖPPEN, W. **Climatologia.** México, Fundo de CulturaEconômica.1931.
- LIMA, P.C.F. **Recursos genéticos e avaliação do gênero *Prosopis* no Nordeste do Brasil.** 1999. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (Eds.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro.* (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.
- LIMA, P.C.F.; SILVA, M.A. da. **Ocorrência subespontânea de uma algaroba no Nordeste do Brasil.** *Boletim de Pesquisa Florestal*, 22/23:93-97. 1991.
- LINDENMAIER, D.S.& SANTOS, N.O. **Arborização urbana das praças de Cachoeira do Sul, RS, Brasil: fitogeografia, diversidade e índice de áreas verdes.** *Pesquisas, Botânica*, 1(59):307-320. 2008.
- LLANES, A.; BONECARRERE, V.; CAPDEVIELLE, F.; VIDAL, S. & LUNA, V. **Genetic diversity in a natural population of the halophytic legume *Prosopis strombulifera* revealed by AFLP fingerprinting.** *Boletim da Sociedade Argentina de Botanica* 46 (3-4): 305-312. 2011.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos.** Porto Alegre: EstEdições.110 p. 2004.
- MARCHIORI, J.N.C; ALVES, F. da S.; PAZ, E.A. **O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 3 - Parque da Cabanha do Loreto, São Vicente do Sul.** *Balduinia (UFSM)*, v. 25, 22-31 pp.2010.

MARCHIORI, J.N.C. & ALVES, F. da S. **O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 6 - Descrição de um parque natural na várzea do rio Ibicuí, município de Cacequi.** Balduínia (UFSM), v. 27, 08-14 pp.2011a.

MARCHIORI, J.N.C. & ALVES, F. da S. **O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 8 - Aspectos fitogeográficos.** Balduínia (UFSM), 29:13-20.2011b.

MARCHIORI, J.N.C.; DURLO, M.A. & ALVES, F.da S.**O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 4 - Aspectos botânico-vegetacionais e morfométricos do Parque do Loreto, São Vicente do Sul.** Balduínia (UFSM), 26:08-18.2011.

MATEI, A.P. & FILIPPI, E.E. **O Bioma Pampa e o Desenvolvimento Regional no Rio Grande do Sul.** In: 6º Encontro de Economia Gaúcha, 2012, Porto Alegre. Anais 6º Encontro de Econômica Gaúcha.2012.

MICHELETTE, E. & CAMARGO, J. **Bee-plant community in a xericecosystem in Argentina.** Revista Brasileira Zoologia, 17:651–665.2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** MMA/SBF, Brasília, 40 p. 2000.

MONTES, S.C. & WEBER, J.C. **Genetic variation in wood density and correlations with tree growth in *Prosopis africana* from Burkina Faso and Niger.** Annals of Forest Science 66:713.2009.

MUTURI, G.M.; MACHUA, J.M.; MOHREN, G.M.J.; POORTER, L.; GICHERU1, J.M. & MAINA, L.W. **Genetic diversity of Kenyan *Prosopis* populations based on random amplified polymorphic DNA markers.** African Journal of Biotechnology 11(87):15291-15302.2012.

NARANJO, C.A.; POGGIO, L & ZEIGER, S.E. **Phenol chromatography, morphology and cytogenetic in three species and natural hybrids of *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoideae).** Pl. Syst. Evol. 144: 257–276.1984.

NASCIMENTO, C.E. DE S.; TABARELLI, M.; SILVA, C.A.D. da; LEAL, I.R.; TAVARES, W. DE S.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. **The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the Brazilian Caatinga vegetation.** Science of The Total Environment 01/2014; 481:108–113. 2014.DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.02.019

NAS (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES). **Firewood Crops; Shrub and Tree Species for Energy Production. Vol. 1.** National Academy Press, Washington DC, USA.1980.

OLIVEIRA, B.F.D. de. **Padrões distintos de congruência climática em duas espécies invasoras de *Prosopis* em zonas semi-áridas da América do Sul.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ecologia. 43 pp. 2012.

OLIVEIRA, V.R. de & PIRES, I.E. **Pollination efficiency of *P. juliflora* (Sw) DC in Petrolina, Pernambuco.** pp. 233-239. In: HABIT, M. A. & SAAVEDRA, J. C. 1990. The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. (Eds.). FAO, Rome, Italy.1990.

- OVERBECK, G.E.; MÜLLER, S.C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V.D.; BLANCO C.C.; BOLDRINI, I.I.; BOTH, R.; FORNECK, E.D. **Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos**. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 9: 101-116.2007.
- PARIZEK, B.; de la RETA, M.; CATALÁN, L.; BALZARINI, M., KARLIN, U. **Observaciones fenológicas del algarrobo negro (*Prosopis flexuosa* D.C.) y del Algarrobo blanco (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) en el Chaco árido, Argentina**. *Multequina* 9:135–146. 2000.
- PASIECZNIK, N.M.; FELKER, P.; HARRIS, P.J.C.; HARSH, L.N.; CRUZ, G.; TEWARI, J. C.; CADORET, K. & MALDONADO, L.J. **The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A Monograph**. HDRA, Coventry, 172 pp. UK. 2001.
- PASIECZNIK, N.M.; HARRIS, P.J.C.; SMITH, S.J. **Identifying tropical *Prosopis* species - A fieldguide**. HDRA, Coventry, UK. 2004.
- PEDERSOLI, G.D. **Desenvolvimento floral de *Parkia Multijuga* e *Stryphnodendrum adstrigens*, espécies andromonóicas de Leguminosae (Mimosoideae)**. Dissertação –USP. Ribeirão Preto, 56p.2013.
- PEGADO, C.M.A.; ANDRADE, L.A. de; FÉLIX, L.P. & PEREIRA, I.M. **Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil**. *Acta bot. bras.* 20(4): 887-898 pp. 2006.
- PILLAR, V. de P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M. de S.; JACQUES, A.V.Á (org.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. 2ª Edição. Brasília: MMA,403 pp.2012.
- RIBASKY, J.; DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, V.R. *et al.* **Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de uso múltiplo para a região Semiárida Brasileira**. Colombo, Comunicado técnico, 240.2009.
- ROESCH, L.F.W.; VIEIRA, F.C.B.; PEREIRA, V.A.; SCHÜNEMANN, A.L.; TEIXEIRA, I.F.; SENNA, A.J.T.; STEFENON, V.M. **The Brazilian Pampa: A Fragile Biome**. *Diversity* 1:182-198.2009.
- SAIDMAN B.O.; BESSEGA, C.; FERREYRA, L.; VILARDI, J.C.. **Random amplified polymorphic DNA (RAPD) variation in hybrid swarms and pure populations of genus *Prosopis***. In S. Bruns, S. Mantel, C. Tragårdh, and A. V. Viana [eds.], *Recent advances in biotechnology for tree conservation and management*, 122–134. International Foundation for Sciences, Stockholm, Sweden.1998.
- SAJJAD, A.; SAEED, S. & BASHIR, M.A. **Spatial variation in pollinator communities and productive performance of *Prosopis juliflora* (Fabaceae)**. *J. Poll. Ecol.* 8, 59–66.2012.
- SILVA, J.G. & PERELLÓ, L.F.C. **Conservação de espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul através de seu uso no paisagismo**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* 5: 25-45.2010.
- SILVA, M. de A. **Taxonomia e distribuição de gênero *Prosopis* L.** Recife: [s.n.]. 19p. (Trabalho apresentado no Encontro Nacional sobre *Prosopis*, 2. 1986, Recife).1986.

SIMPSON, B.B. **Breeding system of dominant perennial plants of two disjuncts warm desert ecosystems.** *Oecologia* 27: 203-226.1977.

SIMPSON, B.B.; NEFF, J.L.; MOLDENKE, A.R. ***Prosopis* flowers as a resource.** *In:* SIMPSON, B.B. (ed) **Mesquite: its biology in two desert ecosystems.** Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, pp 84–107 US/IBP Synthesis Series 4.1977.

SOLBRIG, O.T.; CANTINO, P.D. **Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae).** - *J. Arnold Arbor.* 56:185-210.1975.

SOUZA, V.C. & LORENZI, H. **Leguminosae in: Botânica Sistemática 3ª Edição: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.** 3ª edição. Instituto Plantarum. 768 pp. 2012.

TORO, H. **Pollination of *Prosopis tamarugo* in the Atacama desert with remarks on the roles of associated plants.** Pp. 267-273. 2002.*In:* **Pollinating bees- The conservation link between Agriculture and Nature.** (eds. P. Kevan & V. L. Imperatiz Fonseca). Ministry of Environment, Brasília.

TUCKER, S.C. **Floral development in legumes.** *Plant Physiology* 131: 911-926.2003.

TYBIRK, K. **Reproductive biology and evolution of the genus *Acacia*.** *Bulletin of the International Group for the Study of Mimosoideae* 20: 45–53.1997.

VALE, N.F.L.; SOUSA, G. DOS S.; MATA, M.F. & BRAGA, P.E.T. **Inventário da arborização do parque da cidade do município de Sobral, Ceará.** *Revista Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba – SP.* 6 (4):145-157.2011.

VILAR, F.C.R. **Impactos da invasão da algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] sobre estrato herbáceo da caatinga florística, fitossociologia e citogenética.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias – CCA – Campus II. Universidade Federal da Paraíba. 2006.

WAECHTER, J.L. **Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul.** *Ciência & Ambiente, Santa Maria,* n. 24. 93-108 pp.2002.

WEBER, J.C.; LARWANOU, M.; ABASSE, T.A.; KALINGANIRE, A. **Growth and survival of *Prosopis africana* provenances tested in Niger and related to rainfall gradients in the West African Sahel.** *Forest Ecol. Manage.* 8 pp. doi:10.1016/j.foreco.2008.05.004.2008.

WIENS D.; CALVIN C.L.; WILSON C.A.; DAVERN C.I.; FRANK D. & SEAVEY S.R. **Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants.** *Oecologia* 71: 501–509.1987.

ZARTH, P.A. & GERHARDT, M. **Uma história ambiental do Pampa do Rio Grande do Sul.** 2009. *In:* Althen Teixeira Filho. (Org.). **Lavouras de destruição: a imposição do consenso.** 1ed. Livraria mundial, v. 1, p. 249-295. Pelotas.2009.

**CAPÍTULO 1 “Floral morphometry of
Prosopis affinis Spreng. (Fabaceae) in the
Brazilian Pampa”**

Floral morphometry of *Prosopis affinis* Spreng. (Fabaceae) in the Brazilian Pampa

Camila Carvalho de Gusmão Lôbo¹, Rubem Samuel de Ávila Jr.², Valdir Marcos Stefenon³

Universidade Federal do Pampa, Campus São Gabriel, 97300-000, São Gabriel, RS, Brazil.

* E-mail for correspondence: camilacglobo@gmail.com

1. Project planning, execution, data analysis and paper writing,
2. Project planning, data analysis.
3. Project planning, data analysis

Abstract

Pampa biome, degraded by intensive exploitation, including Fabaceae as one of mostly represented families in Savanna-Park formations. Mimosoideae contains species characteristic of Pampa and presents diverse sexual and reproductive systems among inflorescence with floral specialization in *Prosopis* species. Therefore, its paper researches floral biology and differentiation between *P. affinis* flowers through inflorescence and relation between those traits and Pampa fragmentation. Then, pollen/ratio and morphological variations among base, middle and apex of inflorescence collected in São Vicente do Sul, Cacequi and Quaraí-RS. Floral biology was accessed with outcrossing index (OCI), seed/ovule ratio, flowers per inflorescence and 1,000-kernel weight. Spikes have in average 117.13 ± 29.50 yellowish tubular flowers, including 23.33% of basal flowers with tendency to auto-pollination unrelated to flower position. Seed/ovule ratio (0.503 ± 0.189) was similar to outcrossing although OCI was characteristic to facultative autogamy species, appointing reproductive flexibility. 1,000-kernel weight obtained was 9.98g. There was reproductive reduction in basal flowers without reproductive differentiation since mostly anthers were higher than stigma. Its strategy contributes to rise of frequency of visitors' rates and flexibility of reproductive system facilitates establishment of individuals in fragmented landscapes as Pampa.

Key-words: *Prosopis*, Algarrobo, Pampa, Evolution

Introduction

The Pampa biome comprehends 62.2% of the Rio Grande do Sul State, in Southern Brazil, including part of Argentina and Uruguay. This biome is composed by more than 2,200 grassy species, from which about 250 are at risk of extinction (Silva & Perelló, 2010). There has been strong impact of inadequate management of husbandry and agriculture enrolled in the south of its area (Overbeck *et al.*, 2007; Zarth & Gerhardt, 2009), mainly in the southwest region (Overbeck *et al.* 2007), resting only 49% of original vegetation (Matei & Fillipi, 2012). The most abundant families are Asteraceae, Poaceae, Fabaceae and Cyperaceae (Boldrini *et al.*, 1998; Freitas *et al.*, 2009; 2010).

Fabaceae tends to maximize resources allocation in pollen and nectar production to attract diverse pollinators to its inflorescences (Arroyo, 1981). This characteristic raises geitonogamy and autogamy rates, which is prejudicial for auto-incompatible species (Arroyo, 1976). This Family presents diverse floral architectures and ontogenies for each subfamily (Tucker, 2003). According to previous author, sexual systems reflect this diversity: within Caesalpinoideae is basal with functional unisexual flowers. From its taxon diverged: Papilionoideae has zygomorphic and specialized flowers with rare unisexuality and Mimosoideae with radial symmetric flowers and common unisexuality, including andromonoicy (Tucker, 2003).

Mimosoideae presents reproductive systems auto-compatible as *Acacia decurrens* (Bernhardt *et al.*, 1984) and *Mimosa detinens* (Aizen & Feinsinger, 1994) and with auto incompatibility (*Inga edulis*, Barros *et al.* 2013; *Acacia Senegal*, Tandon *et al.* 2009) with temporal barriers (*Acacia sp.*, Tybirk, 1997). Besides, there are sterile flowers and heterostyly in *Inga stipularis* (Barros *et al.* 2013) and *Prosopis sp.* (Hoc *et al.* 1994). Hermaphrodite

flowers are present in Mimosoideae, as *Inga sp.* (Bawa *et al.* 1985). However, there is also andromonoicy in *Acacia sp.*, *Calliandra sp.* (Pedersoli, 2013), *Inga sp.* (Barros *et al.* 2013) and ginomonoicy in *Acacia sp.* (Tybirk, 1997).

Prosopis sp. presents at least 40 species distributed in Asia, Africa and mostly in America where 70% occurs (Ribasky *et al.*, 2009). *Prosopis affinis* is a Fabaceae – Mimosoideae (Souza & Lorenzi, 2012) tree vulnerable in Rio Grande do Sul (Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014) and important to local culture and economy (Marchiori & Alves, 2011). Although being considered native those populations are isolated because of exhaustive exploitation of Pampas (Galvani, 2003; Silva, 1986) and natural structure of mixed formations including grasslands and forest formations (Behling *et al.*, 2009; Roesch *et al.*, 2009).

Native to Uruguay, eastern Argentina (Pasicznik *et al.*, 2004) and Brazilian Pampa (Marchiori & Alves, 2010), *Prosopis affinis* facilitates ecological successions in riparian forests (Marchiori & Alves, 2011) and is sub-studied (Brazil, 2008). Much is known about geographical distribution (Antezana *et al.*, 2000; Lima & Silva, 1991; Rio Grande do Sul, 2001) and wood qualities (Center of Wood Anatomy Research), with few data about floral ecology, except bee pollination (Galera, 2000). Although is expected that similar to *Prosopis spp.*, presents cross-pollination as *P. cineraria* (Gorain *et al.*, 2012) and *P. velutina* (Keys *et al.*, 1995; Sahli & Conner, 2006) and hermaphrodite flowers as *P. glandulosa* (Golubov *et al.*, 2010) and other *Prosopis spp.* (Hoc *et al.*, 1994).

However, geographic isolation leads to reproductive flexibility with auto-pollination occurrence that is important to species that subsist in fragmented landscapes because allows independence from pollinators (Baker, 1955; Levin, 1972). Therefore, this study aimed to

describe the morphological characteristics of the inflorescences and flowers of *P. affinis*, in the Brazilian Pampa, as well as the fruit production success.

Material and Methods

Study site

The investigated populations occur in a vegetation formation characterized as steppic-savannah in sedimentary areas (Marchiori & Alves, 2011) with climate Cfa characterized by hot and humid summers and mild to cool winters (Köppen, 1931). The population of São Vicente do Sul contains few individuals with only fifty trees in population from Cabanha do Loreto. In the others although there are more individuals located mostly isolated, near to agricultural systems of rice and soybeans, which characterized those sites as fragmented landscapes (Watts *et al.*, 2005). Inadequate use of these lands because of excessive grazing has been causing some nucleus of desertification in Southwest of Rio Grande do Sul (Overbeck *et al.*, 2007).

Floral differentiation and species biology

Inflorescences of *P. affinis* were collected in February/2014 in three natural populations: Cabanha do Loreto at São Vicente do Sul (SV), Fazenda Santa Fé at Cacequi (Cac) and Fazenda do Jarau Velho at Quaraí (Qua) in Pampa biome (**Fig. 1**) and preserved in ethanol 70%.

Floral morphology of inflorescences was characterized by measures of height of the calyx, corolla, anthers and stigma and the diameter of the calyx and corolla of individual flowers using stereomicroscope with scales. Thirty flowers were sampled from basal, central and apical portions of the inflorescence, totalizing 90 flowers measured in each population.

Number of flowers per inflorescence was counted under a stereomicroscope (n=22) and pollen/ovule ratios (P/O ratios) were determined after Cruden (1977) for each floral position. Outcrossing index (OCI) was calculated according Cruden (1977) to estimate mating system of *P. affinis* together with Seed/Ovule ratio (Wiens *et al.*, 1987) to indirectly indicate the percentage of abortion and reproductive success of this population.

In addition, 1,000-kernel weight was analyzed for 650 seeds from population SV and estimated to 1,000 seeds. Because of the lack of fruits for analysis, seed indexes were not investigated in the other two populations.

Statistical Analysis

Statistical differences of means between origin and flower positions were verified with Kruskal-Wallis Hypothesis Test and Dunn's post-hoc ($\alpha = 0.05$) once checked if normality of samples distribution with Lilliefors test and its homogeneity with Levene Test, using the software Bioestat 5.0.

Results

Inflorescences, classified as spike, have in average 117.13 ± 29.50 yellowish colored and tubular flowers, including some with gynoecium higher or with same size of androecium, mostly basal ones (**Fig. 2A**; Basal: 23.33%; intermediary: 15.55%; apex: 16.66%). This indicates a lower tendency of auto-pollination in those differentiated flowers unrelated with flower position. Population from São Vicente do Sul has 9.575 ± 3.118 seed per fruit and 20.234 ± 4.638 ovules with 0.503 ± 0.189 seed/ovule ratio. This ratio indicates a medium abortion percentage and reproductive success similar to outcrossing and perennial species (Wiens, 1984). Thousand-kernel weight obtained was 9.98g.

Outcrossing index (OCI) was 2, appointing to facultative autogamous mating system (Cruden, 1977) and P/O ratio with and without discrimination of origin did not differ statistically between flowers positions (**Fig.3**; SV: $h=1.4756$, $df=2$, $p=0.4782$; Cac: $h=0.2988$, $df=2$, $p=0.8612$; without distinction: $h=0.3032$, $df=2$, $p=0.8593$), refuting reproductive differentiation hypothesis within inflorescence. Average P/O ratio, according to Cruden (1977), is intermediary between facultative autogamy and xenogamy and intermediary to highly disturbed landscapes with pioneer species as fragmented *Prosopis sp.* remnants in Rio Grande do Sul (Roesch *et al.*, 2009), allowing floral auto-compatibility.

Each local differed morphometrically (**Fig. 2B**) in: height of calyx (Cac: **Fig. 4G**, $h=28.12$, $df=2$, $p=0$; SV: **Fig. 4I**, $h=14.23$, $df=2$, $p=0.0008$; Qua: **Fig. 4H**, $h=10.71$, $df=2$, $p=0.0047$), stigma (Cac: **Fig. 4D**, $h=31.2$, $df=2$, $p=0$; SV: **Fig. 4F**, $h=11.04$, $df=2$, $p=0.004$; Qua: **Fig. 4E**, $h=28.56$, $df=2$, $p=0$) and lower anthers (Cac: **Fig. 4A**, $h=35.06$, $df=2$, $p=0$; SV: **Fig. 4C**, $h=12.54$, $df=2$, $p=0.0019$; Qua: **Fig. 4B**, $h=15.48$, $df=2$, $p=0.004$). However, any pattern of statistical difference defined floral morphs for each flower position related to each site of origin.

Population from São Vicente do Sul presented reduced reproductive structures compared to other populations (**Fig. 4C** and **4F**; Upper anthers: Cac: $h=45.75$, $df=2$, $p=0$; SV: $h=15.4$, $df=2$, $p=0.0005$; Qua: $h=20.56$, $df=2$, $p=0$; lower anthers and stigmas height above). However, basal and apex flowers had, respectively, highest corolla (Cac: **Fig. 4J**, $h=44.05$, $df=2$, $p=0$; SV: **Fig. 4L**, $h=17.68$, $df=2$, $p=0.0001$; Qua: **Fig.4K**, $h=32.89$, $df=2$, $p=0$) and calyx diameter (Cac: **Fig. 4G**, $h=50.46$, $df=2$, $p=0$; SV: **Fig. 4I**, $h=49.68$, $df=2$, $p=0$; Qua: **Fig. 4H**, $h=10.63$, $df=2$, $p=0.0049$).

Basal flowers undifferentiated presented reduction in mostly measures. Statistical differences were detected in height of corolla (**Fig. 5D**, $h=67.21$, $df=2$, $p=0$), upper (**Fig. 5A**, $h=40.02$, $df=2$, $p=0$) and lower anthers (**Fig. 5A**, $h=38.37$, $df=2$, $p=0$) and height of stigma

(**Fig. 5B**, $h=52.83$, $df=2$, $p=0$). It happened also for calyx diameter (**Fig. 5C**, $h=88.74$, $df=2$, $p=0$). These results indicate tendency to ginomonoicy unrelated to origin position and gradual size reduction process in basal flowers without indication of reproductive differentiation within inflorescence.

Discussion

Once *Prosopis sp.* tree produces various spikes with large amount of flowers, pollination unit of attraction is the inflorescence (Solbrig & Cantino, 1975). The inflorescence produces more pollen than each flower and visitation rates rises along with cross-pollination taxes to compensate low reproductive success rates per spike (Arroyo, 1976), although auto-crossing rises if pollinator as few bees does not promote inter-crossing between individuals (Arroyo, 1981; 1976). Bees are mostly the visitors of *P. affinis* in Uruguay (Galera, 2000) and it is expected for whole Pampa biome since its flower is melittophilous because of floral traits as its yellowish color and tubular flower (Faegri & Pijl, 1979). According to Arroyo (1981), *Prosopis sp.* flowers still reflect UV, a trait common to yellow (Guldberg & Atsatt, 1975) and melittophilous flowers (Lunau, 1992) as *P. affinis*. Although pollination syndrome concept is controversy, reproductive systems tend to specialize, however, a continuum between those systems in response to environment disturbances occurs and long-lived plants, as *P. affinis*, are more able to specialize then short-lived individuals (Johnson & Steiner, 2000).

Mimosoideae presents diverse floral architectures and ontogenies, although its basic morphology includes pentamerous flowers with superior ovary radial symmetry and common unisexuality, often with andromonoicy (Tucker, 2003). Hermaphrodite flowers are common in Mimosoideae as *Inga sp.* (Bawa *et al.* 1985) and occurs in *Prosopis sp.* (*P. glandulosa*, Golubov *et al.* 2010; *P. affinis*, present study). However occurs also effective andromonoicy

in *Acacia sp.*, *Calliandra sp.* (Pedersoli, 2013) and *Parkia sp.* (Tucker, 2003). However, even hermaphrodite species might be functionally andromonoecious as *Inga sp.* (Barros *et al.* 2013) and *Prosopis sp.* (Hoc *et al.* 1994) or gynomonoecious as *Acacia sp.* (Tybirk, 1997). In *P. affinis*, none of these phenomenon was detected, but reduced anthers appoint to initial dimorphism, what enhances outcrossing rates, since flowers with anthers higher than stigma are more favorable to spontaneous self-pollination. Reduction in basal flowers is the beginning of morphological specialization process, without direct impact in reproductive success since stigma-anthers height pattern remains similar in mostly flowers sampled in all flower positions.

Basal flowers are mostly unisexual, female and visited first by hymenoptera in linear inflorescences than apex flowers (Diggle, 2003). Its female-male asymmetry tends to raise male flowers specialization in those inflorescences (Brunet & Charlesworth, 1995) because female flowers are more expensive energetically than male kinds (Diggle, 2003). According to the same author, 81% of the floral modifications are related to inflorescence positions, including lower seed production, size of gynoeceium, number of ovules and nutrients allocation in distal parts, but how they specialize is different for each species (Diggle, 2003). Reduction in male structures found, especially in basal flowers, points out that similar selection does not occurs in *P. affinis* in those fragmented landscapes, but reproductive success per flower still show that as population, since various racemes are produced, the impact in survival is not so strong as quality of management of the areas.

P/O ratio is characteristic to a taxon (Cruden, 2000) and indicates that *P. affinis* reproductive system is flexible, similar to *P. glandulosa* Var. *torreyana* (Golubov *et al.* 1999). Although it has inferior value compared to other Mimosoideae as *A. Senegal* (Tandon *et al.* 2009), *Calliandra palmeri*, *C. callistemon*, *C. Kunthii*, *C. anomala* (Cruden, 1977), *I. stipularis*, *I. edulis* (Barros *et al.* 2013), *I. Brenesii*, *I. densiflora*, *I. longispica*, *I. mortoniana*,

I. oerstediana, *I. punctata* e *I. quaternata* (Koptur, 1984). Mimosoideae tends to high cross-pollination rates because of its auto incompatibility tendency (Arroyo, 1981), although some species presents low reproductive success per inflorescence as *P. chilensis*, *P. flexuosa* e *P. velutina* (Stephenson, 1981).

Prosopis affinis has monads pollen grains (Caccavari, 1996; Radaeski *et al.*, 2014) with reduced efficacy of each pollination event, since in monads species one event of pollination might not fecundate all ovules (Bernhardt *et al.* 1984). P/O ratio and OCI, according to Cruden (1977), agrees with the disturbed environment where *P. affinis* is established next to animal husbandry, and soybean and rice plantation found in Rio Grande do Sul (Marchiori & Alves, 2011). In this specific case, the activities management affects directly the conservation of the neighbor species, since plants might stablish ecological relations because of pollinator commonality (Corbet, 2006) and higher rates of auto-pollination might lead to inbreeding depression (Lloyd & Schöen, 1992).

Therefore, *P. affinis* presents flexible reproductive system allowing auto-pollination and independence from floral visitants, later, seed dispersion, and facilitated establishment, leading to new populations (Baker, 1955; Levin, 1972). For present genus, ruminants as cattle, sheep and goats mostly make dispersion of seeds and enhance seed germination because some encapsulated seeds need to be scarified by digestive tract (Kneuper *et al.*, 2003). At Rio Grande do Sul it must occur with studied populations because of husbandry proximity verified in some of six remnants. Other mammals might effect this dispersion, as rodents and foxes for *P. flexuosa* in Argentinian deserts (Campos & Ojeda, 1997) and primates for *P. juliflora* in upper floodplain of Tana River, Kenya (Mworia *et al.*, 2011).

In *Prosopis affinis*, there's no clear reproductive specialization related to flower position in the inflorescence, although flowers with lower auto-pollination probability were

found and reduced basal flowers indicate general underdevelopment tendency in relation to others. The tree produces various racemes with many flowers, which produce a large amount of pollen grains to increase the frequency of floral visitors, especially bees, and the flexible reproductive system facilitates the establishment of new individuals into new sites. Similar strategy was observed in other Mimosoideae, although further studies about reproductive biology of these species on the pampas are necessary. These results show an efficient strategy to subsist in fragmented landscapes as those next to animal husbandry and industrial agriculture. Therefore, *P. affinis* attributes confirm *Prosopis sp.* as a model to comprehend how species with flexible mating systems interact with environmental traits, as fragmentation. Especially when the ecosystem in question is degraded as Pampa biome and presents complex dynamic between different formations, similar to a mosaic of diverse landscapes. Further studies are recommended to emphasize the relevance of its species, biome conservation and sustainable management.

Acknowledgements

We thank to Laboratório de Estudos de Biodiversidade do Pampa (UNIPAMPA) for providing the equipments, HBEI and UNIPAMPA for helping in collections and the owners and administrators and owners of each visited site: Martim Gíudice, Sílvia Salles, Felipe Kohls Rangel, Mezzomo family, Nestor de Moura Jardim Neto. Also to FAPERGS and CNPq for financial support.

References

- Aizen, MA, Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75:330-351
- Antezana, C, Atahuachi, M, Arrazola, S, Fernández, E, Navarro, G. 2000. Ecología y biogeografía del género *Prosopis* (Mimosaceae) en Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología* 8:25-36.
- Arroyo, MTK. 1976. Geitonogamy in animal pollinated tropical angiosperms: a stimulus for the evolution of self- incompatibility. *Taxon* 25:543-548.
- Arroyo, MTK. 1981. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. pp. 723-769. In: Polhill, RM, Raven, PH. (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Baker, HG. 1955. Self-compatibility and establishment after “Long-distance” dispersal. *Evolution* 9: 347-348.
- Barros, EC de O, Webber, AC, Machado, IC. 2013 Limitação de polinizadores e mecanismo de autoincompatibilidade de ação tardia como causas da baixa formação de frutos em duas espécies simpátricas de *Inga* (Fabaceae - Mimosoideae) na Amazônia Central. *Rodriguésia*. 64(1): 37-47.
- Bawa, KS, Perry, DR, Beach, JH. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* 72: 331–345.
- Behling, H, Jeruske-Pieruschka, V, Schüler, L, Pillar, VP. 2009. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio; pp. 13-25. In: Pillar, VD, Müller, SC, Castilhos,

- ZMS, Jacques, AVA (Eds.). Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade. MMA, Brasília, DF.
- Bernhardt, P, Kenrick, J, Knox, R. 1984. Pollination biology and the breeding system of *Acacia retinodes* (Leguminosae, Mimosoideae). *Ann. Mo. Bot. Gard.* 71:17–29.
- Boldrini II, Miotto, STS, Longhi-Wagner, HM, Pillar, VD, Marzall, K. 1998. Aspectos florísticos e ecológicos da vegetação campestre do Morro da Polícia, Porto Alegre, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 12:89-100.
- Brazil. Ministério do Meio Ambiente. 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. DOI: <http://www.mma.gov.br/sitio>.
- Brunet, J, Charlesworth, D. 1995. Floral sex allocation in sequentially blooming plants. *Evolution* 49: 70–79.
- Caccavari, MA. 1996. Analysis of the South American fossil pollen record of Mimosoideae (Leguminosae). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 94: 123 – 135.
- Campos, CM, Ojeda, RA. 1997. Dispersal and germination of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) seeds by desert mammals in Argentina. *Journal of Arid Environments* 35:707–714.
- Center for wood anatomy research. *Prosopis ssp.* Madison, Wisconsin, USA. 6 pp. Available in: http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/HardwoodNA/pdf_files/prosomet.pdf
- Corbet, SA. 2006. A typology of pollination systems: implications for crop management and the conservation of wild plants. In: Waser, NM, Ollerton, J, (eds.). *Plant-pollinator interactions*. The University of Chicago Press, Chicago, p.314-340.
- Cruden, RW. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31: 32-46.

- Cruden, RW. 2000. Pollen grains: why so many? *Plant Systematics and Evolution* 222:143-165.
- Diggle, P.K. 2003. Architectural effects on floral form and function: a review. In: Stuessy T, Horandl E, Mayer V, (eds.). *Deep morphology: toward a renaissance of morphology in plant systematics*. Koeltz: Königstein.
- Faegri, K, Pijl, VDL. 1979. *Principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford. 244 pp.
- Freitas, EM, Boldrini, II, Müller, SC, Verdum, R. 2009. Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23:414-426.
- Freitas, EM, Trevisan, R, Schneider, AA, Boldrini, II. 2010. Floristic diversity in areas of sandy soil grasslands in Southwestern Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências* 8:112-130.
- Fundação Zoobotânica Do Rio Grande Do Sul. 2014. Anexo I táxons da flora nativa do estado Rio Grande do Sul ameaçadas de extinção. Governo do Estado do Rio Grande do Sul.
- Galera, F. 2000 *Los algarrobos: las especies del género Prosopis (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*. Córdoba: UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología, 269 p.
- Galvani, FR. 2003. *Vegetação e aspectos ecológicos do Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, RS*. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 132 pp.

- Golubov, J, Eguiarte, LE, Mandujano, MC, Lopez-Portillo, J, Montana, C. 1999. Why be a honeyless honey mesquite? Reproduction and mating system of nectarful and nectarless individuals. *American Journal of Botany* 86(7): 955–963.
- Golubov, J, Mandujano, MC, Martínez, AJ, López-Portillo, J. 2010. Bee diversity on nectarful and nectarless honey mesquites. *Journal of Insect Conservation* 14:217–226.
- Gorain, M, Charan, SK, Ahmed, SI. 2012. Role of insect bees in the pollination of *Prosopis cineraria* (L.) Druce (Leguminosae, Subfamily Mimosoideae) in Rajasthan. *Advances in Applied Science Research*, 3:3448–3451.
- Guldberg, LD, Atsatt, PR. 1975: Frequency of reflection and absorption of ultraviolet light in flowering plants. - *Amer. Midl. Naturalist* 93: 35-43.
- Hoc, PS, Agulló, MA, Palacios, R. 1994. Styler trimorphism in four functionally andromonoecious *Prosopis* species (Mimosaceae). *Plant Systematics and Evolution* 190:143–156.
- Johnson, SD, Steiner, KE. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution* 15:140-143.
- Keys, RN, Buchmann, SL, Smith, SE. 1995. Pollination effectiveness and pollination efficiency of insects foraging *Prosopis velutina* in south-eastern Arizona. *J Appl Ecol* 32:519–527.
- Kneuper, CL, Scott, CB, Pinchak, W.E. 2003. Consumption and dispersion of mesquite seeds by ruminants. *Journal of Range Management* 56:255–259.
- Köppen, W. 1931. *Climatologia*. México, Fondo de Cultura Económica.

- Koptur, S. 1984. Outcrossing and pollinator limitation of fruit set: breeding systems of neotropical *Inga* trees (Fabaceae: Mimosoideae). *Evolution* 38:1130–1143.
- Levin, DA. 1972. Competition for pollinator service: a stimulus for the evolution of autogamy. *Evolution* 26: 668–674.
- Lima, PCF, Silva, MA da. 1991. Ocorrênciasubespontânea de uma algaroba no Nordeste do Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 22/23:93-97
- Lloyd, DG, Schoen DJ. 1992. Self- and Cross-Fertilization in Plants. I. Functional. Dimensions. *International Journal of Plant Sciences* 153 (3, Part 1): 358–69.
- Lunau K. 1992. A new interpretation of flower guide colouration: absorption of ultraviolet light enhances colour saturation. *Plant Syst. Evol.* 183: 51-65.
- Marchiori, JNC, Alves, F da S. 2010. O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 1 – Embasamento fitogeográfico e pendências terminológicas. *Balduinia*, Santa Maria, 24:1-11.
- Marchiori, JNC, Alves, F. da S. 2011. O Inhanduvá (*Prosopis affinis* Spreng.) no Rio Grande do Sul. 8 – Aspectos fitogeográficos. *Balduinia* (UFSM), 29:13-20.
- Matei, AP, Filippi, EE. 2012. O Bioma Pampa e o Desenvolvimento Regional no Rio Grande do Sul. In: 6º Encontro de Economia Gaúcha, 2012, Porto Alegre. *Anais 6º Encontro de Econômica Gaúcha*.
- Ministério do Meio Ambiente. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. MMA/SBF, Brasília, 40 p.

Mworia, JK, Kinyamario, JI, Omari, JK, Wambua, JK. 2011. Patterns of seed dispersal and establishment of the invader *Prosopis juliflora* in the upper floodplain of Tana River, Kenya. *Afr. J. Range For. Sci.* 28:35-41.

Overbeck, GE, Müller, SC, Fidelis, A, *et al.* 2007. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9:101-116.

Pasiecznik, NM, Felker, P, Harris, PJC, *et al.* 2001. The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A Monograph. HDRA, Coventry, 172 p. UK.

Pedersoli, G.D. 2013. Desenvolvimento floral de *Parkia Multijuga* e *Stryphnodendrum adstrigens*, espécies andromonóicas de Leguminosae (Mimosoideae). Dissertação –USP. Ribeirão Preto, 56p.

Radaeski, JN, Evaldt, ACP, Bauermann, SG. 2014. Grãos de pólen de espécies ocorrentes na Unidade de Conservação Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas Botânica* 65:305-331.

Ribasky, J, Drumond, MA, Oliveira, VR, *et al.* Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de uso múltiplo para a região Semiárida Brasileira. Colombo, 2009. 240.

Rio Grande do Sul, Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEMA/UFSC/DEFAP/FDF, 2001.

Roesch, LFW, Vieira, FCB, Pereira, VA, *et al.* 2009. The Brazilian Pampa: A Fragile Biome. *Diversity* 1:182-198.

Sahli, HF, Conner, JK. 2006. Characterizing ecological generalization in plant-pollinator systems. *Oecologia* 148:365- 372.

- Silva, M. de A. 1986. Taxonomia e distribuição de gênero *Prosopis* L. Recife: 19p. Encontro Nacional sobre *Prosopis*, 2. 1986, Recife.
- Silva, JG, Perelló, LFC. 2010. Conservação de espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul através de seu uso no paisagismo. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* 5:25-45.
- Solbrig, OT, Cantino, PD, 1975: Reproductive adaptations in *Prosopis* (*Leguminosae*, *Mimosoideae*). - *J. Arnold Arbor.* 56:185-210.
- Souza, VC, Lorenzi, H. 2012. Leguminosae in: *Botânica Sistemática 3ª Edição: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.* 3ª edição. Instituto Plantarum. 768 pp.
- Stephenson, AG. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology Systematics* 12:253-279.
- Tandon, R, Shivanna, KR, Mohan Ram, HY. 2009. Reproductive Biology of Some Gum-Producing Indian Desert Plants. 191-209. In: Ramawat, KG (eds.). 2010. *Desert Plants.* Springer Science & Business Media. 526 pp.
- Tucker, S.C. 2003. Floral development in legumes. *Plant Physiology* 131:911-926.
- Tybirk, K. 1997. Reproductive biology and evolution of the genus *Acacia*. *Bulletin of the International Group for the Study of Mimosoideae* 20:45–53.
- Watts, K., Humphrey, JW, Griffiths, M, Quine, C, Ray, D. 2005. *Evaluating Biodiversity in Fragmented Landscape: Principles.* Forest Commission, Edinburgh, 1-8 p.
- Wiens, D. 1984. Ovule survivorship, brood size, life history, breeding systems, and reproductive success in plants. *Oecologia* 64:47–53.

Wiens, D, Calvin, CL, Wilson, CA, Davern, CI, Frank, D, Seavey, SR. 1987. Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. *Oecologia* 71:501–509.

Zarth, PA & Gerhardt, M. 2009. Uma história ambiental do pampa do Rio Grande do Sul. In:Teixeira Filho, A. (Eds.). 2009. *Lavouras de destruição: a imposição do consenso*. 1ed. Livraria mundial, 1:249-295.

Figure 1: Occurrence of *Prosopis affinis* Spreng. within Pampa biome (Marchiori *et al.*, 2011) in Brazilian Pampa and in larger area indicated in red is the origin of collected material: Cabanha do Loreto at São Vicente do Sul (SV), Fazenda Santa Fé at Cacequi (Cac) and Fazenda do Jarau Velho at Quaraí (Qua).



Figure 2: Inflorescence (A) and scaled representation of basal, central and apex flowers of *Prosopis affinis* Spreng. (B).

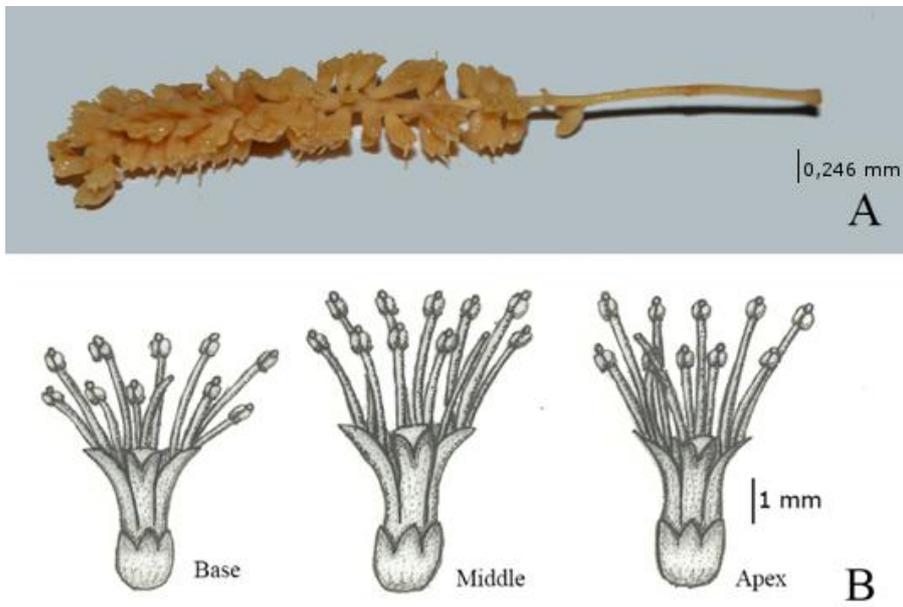


Figure 3: P/O ratio of basal (n=38; Cac=13 e SV=25), central (n=37; Cac=12 e SV=25) and apex flowers (n=28; Cac=12 SV=16) of *Prosopis affinis* Spreng. (Mimosoideae - Leguminosae) collected in Cacequi (Cac) and São Vicente do Sul (SV), Rio Grande do Sul, Brazil.

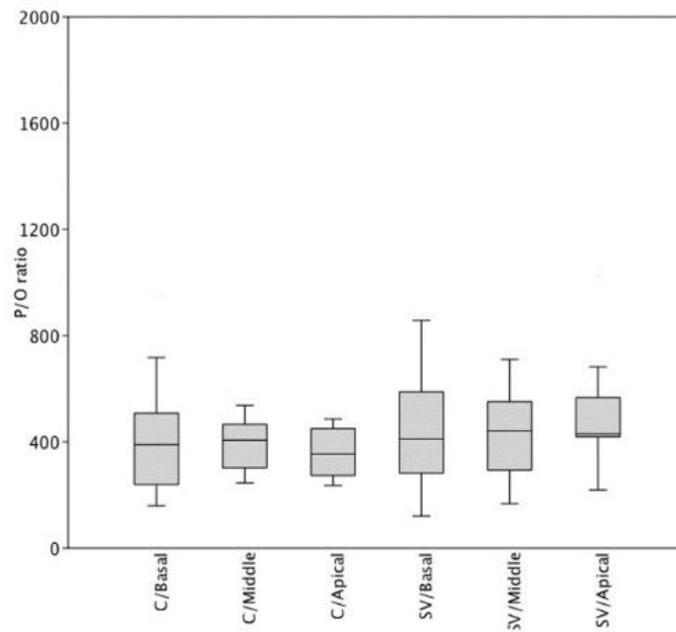
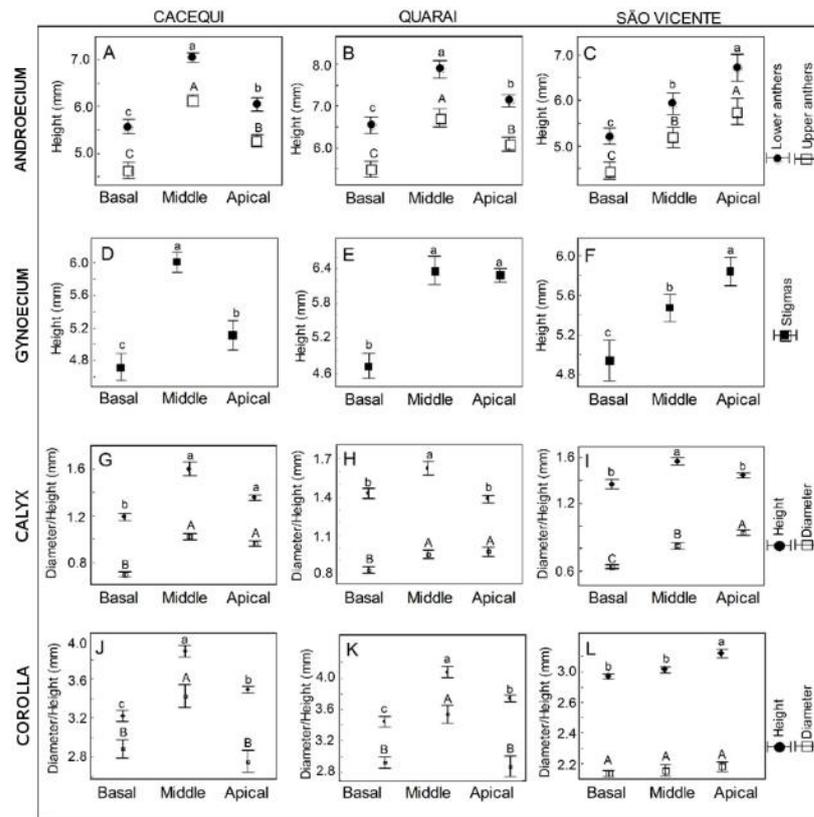
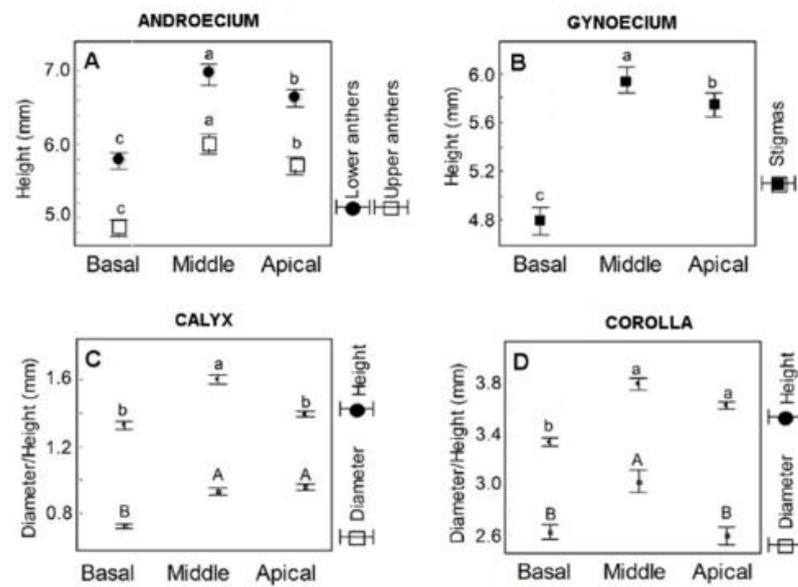


Figure 4: Comparative morphometry (mm) of androecium (A, B, C), gynoecium (D, E, F), calyx (G, H, I) and corolla (J, K, L) in basal (n=90), central (n=90) and apex flowers (n=90) of *Prosopis affinis* Spreng. (Mimosoideae - Leguminosae) discriminated according to origin: from Cacequi, Quaraí and São Vicente, at Rio Grande do Sul, Brazil; Different letters indicate statistical difference with significance level of



0.05.

Figure 5: Comparative morphometry (mm) of androecium (**A**), gynoecium (**B**), calyx (**C**) and corolla (**D**) in basal (n=90), central (n=90) and apex flowers (n=90) of *Prosopis affinis* Spreng. (Mimosoideae - Leguminosae) without discrimination of origin at Rio Grande do Sul, Brazil; Different letters indicate statistical difference with significance level of 0.05.



CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Em *P. affinis* não há especialização reprodutiva evidente relacionada a posição das flores na inflorescência, apesar de que menor possibilidade de autopolinização foi observada e flores basais reduzidas indicam tendência de menor desenvolvimento em relação as demais. As árvores produzem vários racemos com muitas flores, que produzem muitos grãos de pólen para aumentar a frequência de visitantes florais, especialmente abelhas, e o sistema reprodutivo flexível facilita o estabelecimento de novos indivíduos em novos locais. Estratégia similar foi observada em outras Mimosoideae, mas estudos de biologia reprodutiva mais aprofundados acerca dessas espécies do Pampa são necessários. Esses resultados mostram uma estratégia eficiente para subsistir em paisagens fragmentadas como as próximas à pecuária extensiva e agricultura. Dessa maneira, os atributos de *P. affinis* confirmam *Prosopis sp.* como um modelo para compreender como espécies com sistema reprodutivo flexível respondem a fragmentação de habitats. Especialmente quando o ecossistema em questão é degradado como o Pampa e apresentam dinâmica complexa entre formações diversas, similar a um mosaico de diversas paisagens. Estudos mais aprofundados são recomendados para enfatizar a relevância destas espécies, do bioma e manejo sustentável.