UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

Mariana Eloy de Amorim

SERVIÇOS DE ECOSSISTEMAS EM UMA PAISAGEM DOMINADA POR PASTAGEM: A POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MURICI, *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth).

Orientador: Dr. Paulo De Marco Júnior

GOIÂNIA - GO
SETEMBRO – 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

Mariana Eloy de Amorim

SERVIÇOS DE ECOSSISTEMAS EM UMA PAISAGEM DOMINADA POR PASTAGEM: A POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MURICI, *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth).

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

Orientador: Dr. Paulo De Marco Júnior

GOIÂNIA - GO
SETEMBRO – 2009

MARIANA ELOY DE AMORIM

SERVIÇOS DE ECOSSISTEMAS EM UMA PAISAGEM DOMINADA POR PASTAGEM: A POLINIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MURICI, *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth).

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

APROVADA: 07 de Maio de 2009.

Prof. Dr. Lúcio Antônio de Oliveira Campos Bastos

Prof. Dr. Rogério Pereira

Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus pais, amores da minha vida, Ivan Costa de Amorim e Wilma Melhorim de Amorim, pela oportunidade, incentivo e apoio incondicional. Tudo que eu sou hoje, é mérito deles, e eu agradeço todos os dias por tê-los ao meu lado, exatamente como são.

Aos professores: Dr. Fernando Silveira, pelo auxílio na identificação das abelhas; e Dra. Profa. Edivani Franceschinelli, por apoio na parte metodológica.

À Minha mãe, mais uma vez, por ter sido minha grande companheira de campo, colocando em segundo plano suas atividades, para me acompanhar e ajudar em grande parte das minhas coletas.

Aos meus amigos: Augusto Francener, por me ajudar nas coletas e identificação das *Byrsonimas*; Lara Côrtes, peja ajuda com os mapas; Analice Macaca, pelas coletas e auxílio na análise de dados; Abner Neto, pela ajuda em campo; e, Leandro Juen, sempre a postos pro que for preciso.

Ao Sr. Ernani José de Paulo, proprietário da Fazenda Barreiro, por ter disponibilizado a área para o estudo. Ao Sr. Francisco de Assis Xavier Nunes (gerente da fazenda) e Sra. Márcia Valéria Fernandes Xavier Nunes (assessora administrativa), por terem me recebido com tamanha receptividade, sempre se preocupando comigo e se colocando a disposição para o que fosse preciso.

Ao Consórcio Rio Vermelho, que por intermédio do Sr. Murilo Roriz Rizo, diretor executivo da empresa Neotropica Tecnologia Ambienttal Ltda., cedeu gentilmente a área de estudo situada na Fazenda Vereda.

E é claro, ao meu ilustríssimo orientador sofredor atleticano Dr. Paulo De Marco Jr. Se eu consegui chegar até aqui, grande parcela de culpa é dele. Me sinto honrada por ter a oportunidade de trabalhar com ele, sem dúvida, o melhor desorientador que eu poderia

ter. Cresci bastante ao lado deste grande professor, que hoje, é sem dúvida meu Mestre, e continuo crescendo; e sou extremamente grata por isso.

Por fim, agradeço àqueles que fazem parte do meu cotidiano, amigos e família, que são pessoas que só a presença por si só já conforta. Nem sempre temos a oportunidade de dizê-las o quão são especiais em nossas vidas, mas elas sabem, sabem por que sentem. E à estas pessoas gostaria de dizer que, se eu cheguei até aqui, elas também foram muito importantes, pelo incentivo, pelo apoio, por oferecer conforto nos momentos difíceis e simplesmente por existirem.

À todos, MUITO OBRIGADA!!!

RESUMO GERAL

Byrsonima coccolobifolia é uma planta tropical da família Malpighiaceae, distribuída no Cerrado e polinizadas por abelhas, mais conhecidas como “abelhas coletoras-de-óleo”. No presente estudo, realizado em duas propriedades rurais, uma no município de Aragoiânia-GO e outra no município de Silvânia-GO, testamos a hipótese de que plantas isoladas do cerrado apresentam uma menor produção de frutos, devido à dificuldade de acesso dos polinizadores. Relacionando-se a taxa de frutificação ao grau de isolamento de cada indivíduo de *B. coccolobifolia*, podemos verificar que o isolamento não exerceu nenhuma influência na taxa de polinização, talvez pela distância entre os indivíduos não ser suficientemente grande a ponto de limitar o trânsito de polinizadores, ou pelo fato da polinização cruzada não ser a forma predominante de reprodução, uma vez que a taxa de polinização cruzada foi semelhantes a de autopolinização. Além disso, verificamos também que a proporção de frutos produzidos foi muito abaixo do esperado, indicando alguma falha nos processos de reprodução da planta.

Palavras-chave: *Byrsonima coccolobifolia*, polinização, taxa de frutificação.

ABSTRACT

Byrsonima coccolobifolia is a tropical plant from the Malpighiaceae family, distributed in the neotropical savanna fields and pollinated by bees known as "collecting-oil bees". In this study, conducted in two farms, one in the city of Aragoiânia-GO and another in the city of Silvânia-GO, we've tested the hypothesis that the savanna isolated plants of have a lower production of fruits, due to the difficulty of access for the pollinators. By analyzing the fruiting rate related to the degree of isolation of each individual of *B. coccolobifolia*, we've verified that isolation had no influence on the pollination rate, perhaps for the reason that the distance among individuals is not large enough to limit the movement of pollinators, or because of cross-pollination is not the predominant form of reproduction, since the rate of cross-pollination was similar to selfpollination. Furthermore, we found that the proportion of fruit produced was much lower than expected, indicating a failure in the processes of plant reproduction.

Keywords: *Byrsonima coccolobifolia*, pollination, fruiting rate.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 1
O Cerrado 4
O Murici (*Byrsonima* spp.) 6

ÁREA DE ESTUDO 10

METODOLOGIA 13
Visitantes do murici 13
Taxa de Polinização e influência da fragmentação 13
Análise de dados 17

RESULTADOS 18
Possíveis polinizadores do murici 18
Taxa de Polinização e influência da fragmentação 18

DISCUSSÃO 21

CONCLUSÃO 31

LITERATURA CITADA 32

INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas são estruturas biológicas complexas, formado por espécies biológicas, que podem ser organizadas de acordo com suas funções, e por processos, que são mecanismos diretamente relacionados à manutenção destas espécies. A funcionabilidade de um ecossistema, reflete as atividades de sobrevivência de plantas, animais e microrganismos, bem como os efeitos que estas atividades (alimentação, crescimento, reprodução, movimento, excreção etc.) têm nas condições químicas e físicas de seus ambiente (Naeem *et al.* 1997, De Marco & Coelho 2004).

Os Serviços de Ecossistema são os processos naturais que sustentam o ecossistema, podendo ser também utilizados a favor da qualidade de vida humana, especialmente em agroecossistemas (Santos *et al*. 2001, Ricketts 2004, De Marco & Coelho 2004). Estes serviços envolvem processos biológicos, químicos e geológicos que incluem a polinização, o controle de pestes, a dispersão de sementes, reciclagem de nutrientes, regulação de água e gás, controle biológico, recursos genéticos, bem como a exploração das "belezas naturais" no ecoturismo. Desta forma, os serviços de ecossitemas podem ser definidos como fluxo de material, energia e informação de "estoques" naturais, que combinados com atividades humanas e manufaturadas, produzem bens para o bem-estar humano (Kremen *et al*. 2007, Costanza *et al.* 1997).

Devido à centralidade destes serviços ao bem-estar humano, seu valor econômico, embora difícil de estimar exatamente, é obviamente grande. Uma estimativa recente mostrou que os serviços de ecossistema somam, em média, 33 trilhões de dólares por ano, o que eleva sua importância na tomada de decisões face ao gerenciamento de paisagem para a conservação e o desenvolvimento econômico (Costanza *et al.* 1997).

A polinização é um exemplo particularmente claro de um serviço de ecossistema com grande valor. Animais mediadores da polinização são essenciais na reprodução de cerca de 60-90% das espécies de plantas, além de contribuírem para produção de bens de valores aos seres humanos tais como plantações, onde aproximadamente 1/3 de produção agrícola dependem destes animais (Kremen *et al*. 2007, Ricketts 2004). Para estas plantas, polinizadores são tão importantes quanto luz e água (Kearns & Inouye 1997), por isso, a necessidade de uma conservação ativa das interações de polinização

precisa ser levada em consideração. Sistemas de polinização estão sob ameaça crescente de fontes antropogênicas, incluindo a fragmentação do habitat, alterações no uso da terra, práticas agrícolas modernas, o uso de produtos químicos, como pesticidas e herbicidas, e invasões de espécies vegetais e animais (Kearns *et al.* 1998). Uma estrutura inteira de comunidades bióticas pode se drasticamente modificada quando espécies de plantas-chave perdem seus polinizadores. Uma cascata de mudanças, incluindo o declínio da biodiversidade, pode ocorrer (Goverde *et al.* 2002).

Toda a planta que tem sua reprodução mediada por animal é visitada e polinizada somente por um subconjunto de espécies de toda a comunidade de polinizadores, o que chamamos de Sistema de Polinização Especializado (Pauw 2006). Os serviços de polinização podem ser fornecidos por organismos selvagens de vida livre (principalmente as abelhas, mas também muitas borboletas, mariposas, moscas, besouros, vespas, e outros invertebrados, pássaros e mamíferos), ou por espécies comercialmente controladas de abelhas (principalmente a abelha doméstica, *Apis mellifera*). A abundância de polinizadores é influenciada por fatores abióticos e bióticos incluindo predadores, patógenos, parasitas e competidores e pela disponibilidade dos recursos críticos. Da mesma forma que a abundância da planta a ser polinizada, chamada por Kremen *et al*. (2007) de planta-alvo, é influenciada por seus mutualistas, predadores, patógenos e competidores, também é afetada pelos fatores abióticos e pela distribuição de outros recurso no seu habitat. A interação planta–polinizadores, que conduz diretamente ao valor dos serviços de polinização, pode ser influenciada pelo contexto geográfico em que ocorre, incluindo fatores ecológicos, econômicos, sociais e políticos (Kremen, *et al*. 2007).

Atualmente, as políticas referentes ao uso da terra, especialmente em zonas tropicais, têm trazido diversos problemas que interferem diretamente nos serviços de ecossistemas. Um destes problemas é a derrubada do habitat natural por mais terra voltada para o uso agrícola, que conduz à perda da biodiversidade (Vandermeer & Perfecto 2006). A perda e a fragmentação de habitats naturais pelas atividades humanas podem ter efeitos significativos na dinâmica das populações residentes, independente da quantidade ou da qualidade do habitat (Fahrig 1998). Segundo Fahrig (1998), a fragmentação é definida (literalmente) como “quebra do habitat”. Pires *et al*. (2006), conceitua fragmentação como “habitats que foram progressivamente transformados em

pequenos pedaços remanescentes, isolados uns dos outros e mergulhados em paisagens em mosaico alteradas pelo homem". O fato é que os efeitos negativos da fragmentação de habitat são fortes o suficiente para promover a queda na biodiversidade e até levar a extinção local, bem como a regional de espécies (Tabarelli *et al*. 2004). Diversos estudos recentes têm mostrado que a diversidade e a abundância de diversos táxons em paisagens agrícolas declinam significativamente com distância crescente dos habitats nativos. Nos Neotrópicos, por exemplo, Ricketts *et al*. (2001) encontrou tal declínio nas traças, Perfecto & Vandermeer (2002) nas formigas, e Luck & Daily (2003) nos pássaros (Ricketts, 2004).

As alterações na paisagem, causadas pela fragmentação, podem criar novos "habitats antropogênicos" que afetam o comportamento dos polinizadores e sua interação com as plantas-alvo (Kremen *et al*. 2007, Aguilar *et al*. 2006, Jauker *et al.* 2009). Além disso, podem mudar a distribuição espacial das plantas, que por sua vez afetam os padrões de forrageamento de polinizadores (Cresswell 1997). Se a distância entre as plantas a serem polinizadas for muito grande, a polinização é limitada e a adaptabilidade da planta pode ser reduzida devido a endogamia e/ou depressão endogâmica, gerando a perda de genes e consequentemente a queda na variabilidade genética da população, deixando-a mais susceptível a fenômenos quem podem até levá-la à extinção. Dessa forma, uma mudança no comportamento do polinizador pode afetar significativamente o sucesso reprodutivo, a adaptabilidade das plantas e até a sobrevivência (Goverde *et al*. 2002). Kremen *et al.* (2007) apontam como alguns efeitos da fragmentação, a alteração no comportamento de forrageio dos polinizadores, redução nas taxas de fluxo gênico e recolonização entre os fragmentos, conduzindo a uma baixa persistência não somente das subpopulações mas também de redes da meta-população. Kearns & Inouye (1997) ainda chamam atenção para a perda de plantas nativas, afetando o uso de recursos de alimentação e nidificação em espécies de polinizadores mais especialistas e que, portanto, não conseguem se utilizar de plantas introduzidas. Evidentemente que isso depende muito da história evolutiva da espécie em questão e Andrieu *et al.* (2009) chegam a afirmar que os polinizadores podem adaptar seu comportamento de forrageio de acordo com a quantidade de recursos disponíveis e seu arranjo espacial, portanto, em um contexto fragmentado, polinizadores podem mudar sua forma de forragemento para manter o ganho energético dependendo da recompensa da planta dentro da uma parcela e da distância de vôo entre dois fragmentos.

Argumentos teóricos sobre a reprodução das plantas sugerem que as plantas e os polinizadores possuem atributos biológicos particulares como habilidade de dispersão e especificidade floral de polinizadores e atributos reprodutivos das plantas alvo (Aguilar *et al*. 2006). Características morfológicas dos polinizadores também influenciam no padrão de forrageamento. Uma abelha de tamanho relativamente grande, é capaz de voar maiores distâncias do que uma abelha de porte pequeno, favorecendo assim sua busca por recursos em áreas onde as fontes se encontram mais isoladas. Em seu estudo, Collevatti *et al.* (1997) verificou que o comportamento de forrageamento e, consequentemente, a decisão de quais flores visitar, é influenciada pelo: 1- tamanho corporal, que impõe requisitos energéticos e de carga de póllen em cada viagem, e 2- características da flor, como disponibilidade dos recursos e distribuição.

A densidade da planta no habitat também atua como um fator relevante. Espécies raras de plantas podem receber menos visitas de polinizadores, se comparadas com espécies mais comuns, que estão florindo na mesma época. Isto ocorre porque vários polinizadores tendem a preferir plantas mais abundantes e com maior exibição floral, afim de, maximizar a eficiência de forrageio. Contudo, se uma espécie local rara é bastante atrativa em termos de recompensas que oferecem aos polinizadores, elas podem ser preferencialmente visitadas. A qualidade do recurso também é importante, Bombus, por exemplo, preferem néctar concentrado do que o diluído, pois estes podem ser pesados para carregar e ineficientes para armazenar (Duffy & Stout 2008).

Este estudo tem por objetivo, avaliar como a distância entre plantas de áreas naturais do cerrado, circundadas por uma matriz de pasto, está afetando a polinização do Murici (*Byrsonima coccolobifolia*), uma planta típica deste bioma e que apresenta valor comercial, principalmente no mercado de alimentos, através da produção de doces, licores, geléias, sorvetes etc.

O Cerrado

O cerrado é considerado o segundo maior bioma brasileiro, superado apenas pela Floresta Amazônica. Ele cobre cerca de 2 milhões de km^2 (1/4 do território nacional), estando 75% deste total, situados no Planalto Central, 19,4% no Nordeste e os 3,1% restantes distribuídos em Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e São Paulo (Nomiyama *et al.* 2000). Sua vegetação apresenta fitofisionomias que englobam formações *florestais*,

savânicas e *campestres*. Estes tipos estruturais dispostos em gradientes dão forma a mosaicos complexos na paisagem (Ribeiro & Tabarelli 2002, Sano & Almeida 1998). Concentra cerca de 1/3 de toda biodiversidade nacional e 5% da mundial, além de ser considerado a mais rica savana do mundo (Nomiyama *et al.* 2000, Ribeiro & Tabarelli 2002).

Apesar de muitas fisionomias compartilharem espécies com outros biomas, a flora do cerrado é característica e diferenciada, e é determinada por diferentes fatores abióticos tais como a disponibilidade de nutrientes no solo, umidade, disponibilidade de água, a ação do fogo etc. (Pinheiro & Monteiro 2006). A precipitação anual do cerrado do Centro-Oeste varia de 800 a 2.000 mm, num clima sazonal caracterizado por chuvas e um período seco que se entende por quatro a sete meses dependendo a região. Esta concentração de chuvas, sucedida por uma prolongada seca determina a estratégia adaptativa das plantas de buscar água a 10m de profundidade, o que faz com que a vegetação e a vida animal no cerrado, sejam mais importantes sob o solo do que acima da superfície. Além disso, outras adaptações aos períodos de seca também são observadas, como, a germinação das sementes nas épocas das chuvas, crescimento radicular pronunciado nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas (Nomiyama *et al.* 2000), folhas grossas, árvores com troncos grossos e retorcidos, representando também adaptações contra o fogo, freqüente neste bioma (Matteucci *et al*. 1995).

Contudo, o que realmente determina este aspecto tão particular da vegetação do Cerrado não é a escassez de água por longos períodos, como pensavam há décadas, mas sim, a escassez de nutrientes do solo e sua acidez. De modo geral, a maioria dos solos sob cerrado *sensu stricto* foram (não existem as formas originais em muitos locais) latossolos distróficos com alta saturação de alumínio (Al). Alguns autores como Araújo (1952), Arens (1958) e Goodland (1971) (*apud* Haridasan, 2000) salientam os aspectos negativos de baixa fertilidade e alta saturação de Al desses solos e sua relação ao escleromorfismo das espécies nativas. Essa deficiência de nutrientes no solo dificulta muito a produção de proteínas nas plantas, e o excesso de carboidratos se acumula em estruturas que dão às plantas o aspecto xeromórfico: súber espesso, cutículas grossas e excessivo esclerênquima (tecido de sustentação com células de paredes reforçadas), ou seja, esse aspecto de dureza no vegetal e troncos retorcidos. A baixa fertilidade dos solos do cerrado está também refletida

nas baixas concentrações de nutrientes nas folhas das espécies nativas em comunidades associadas aos solos distróficos (Haridasan, 2000).

Hoje o cerrado Brasileiro é um dos ecossistemas mais afetados do mundo e desde 1999 é considerado um *hotspot*, área ameaçada dotada de alta diversidade e endemismo, prioritária para a conservação da biodiversidade. Estudos mostram que restam apenas 7% de área que ainda não foi submetida a algum tipo de exploração intensiva e extensiva (agricultura, criação de gado, barragens, locais urbanos e exploração de madeira) (Vale & Felfili 2005, Vieira *et al*. 2006).

O Murici (Byrsonima spp.*)*

Byrsonima é um gênero com árvores tropicais da família Malpighiaceae distribuída extensamente em diversas regiões da América Central e Sul (Rastrelli *et al*. 1997). Malpighiaceae, é considerada uma das famílias predominantes na flora dos cerrados (Ramalho & Silva 2002), compreende cerca de 63 gêneros e 1.100 espécies, sendo composta de árvores, arbustos e lianas, de ampla ocorrência nas regiões tropicais (Benezar & Pessoni 2006). Apresenta espécies de plantas com flores similares nos termos da morfologia geral, especialmente ao considerar atração, orientação e recompensa aos polinizadores. O que de fato difere entre elas, é o androceu e o gineceu (Sigrist & Sazima 2004).

Uma característica marcante da maioria dos gêneros de Malpighiaceae presentes no Brasil, é o fato de eles possuírem flores que, ao invés do néctar, têm uma composição abundante de lipídeo (óleo), (Rezende & Fraga 2003). Enquanto no Velho Mundo apenas 52% das espécies de Malpighiaceae oferecem óleo aos polinizadores, a maioria das espécies neotropicais desta família possui glândulas de óleo, denominadas elaióforos (Ribeiro *et al*. 2008). Segundo Ramalho & Silva (2002), os óleos florais fornecem duas a quatro vezes mais energia por unidade de peso do que os carboidratos do néctar.

O gênero *Byrsonima*, cujas espécies são conhecidas popularmente como murici, está distribuído nos campos cerrados e savanas neotropicais (Benezar & Pessoni 2006). Ocorre do Paraguai até o México em estado silvestre ou cultivado, apresenta ampla distribuição regional e boa capacidade colonizadora, ocupando áreas antropizadas. No

Brasil, o murici, é considerado uma planta-bandeira atraindo às suas inflorescências grande densidade e diversidade de abelhas (Rego *et al*. 2006, Vinson *et al*. 1997) são, em geral, plantas nativas do norte, nordeste e região central do país, podendo também ser encontradas em algumas regiões serranas do Sudeste. São plantas com caracteres típicos das plantas do cerrado, geralmente arbóreas, com galhos retorcidos e porte médio, podendo chegar a 5 metros de altura. A fase de floração e frutificação ocorre durante todo o ano, dependendo da ocorrência das chuvas (Gomes 2005). O período de floração é geralmente prolongado, característica comum a frutíferas tropicas, estando geralmente associado a estratégias reprodutivas para assegurar a polinização em ambientes com poucos agentes polinizadores e/ou recursos nutricionais limitados (Pereira & Freitas 2002). Os "muricis" do Brasil são muitos e variados, distinguindo-se pelas cores e locais de ocorrência. Assim, são conhecidos como "murici branco", "murici amarelo", "murici vermelho", "murici da chapada", "murici do brejo", "murici da mata", entre outros (Gomes 2005). Seu fruto, quando maduro, é amarelo, tem um diâmetro de 1.5 a 2 cm, odor forte e gosto exótico, além de ser muito rico em vitaminas e minerais, tais como o cálcio, fósforo e o ferro. É bastante apreciado no Norte e Nordeste do Brasil, e sua polpa é comumente usada para fazer sucos, sorvetes, vinhos, licores ou doces (Rezende & Fraga 2003, Giraldo-Zuniga *et al.* 2006, Rego *et al*. 2006).

Byrsonima coccolobifolia, a planta-alvo do nosso estudo, ocorre frequentemente nas áreas de vegetação aberta da América do Sul, havendo registros de sua ocorrência no Brasil, Bolívia, Venezuela e República Cooperativa da Guiana. No Cerrado do Brasil Central, seu período de floração de tem duração de dois meses, aproximadamente, com início nos meses de setembro ou outubro e final nos meses de novembro ou dezembro (Sano & Almeida 1998). A espécie é constituída de arbustos e arvoretas com altura inferior a 3m, de flores hermafroditas zigomorfas, pentâmeras, reunidas em inflorescências do tipo racemo terminal, produzidos em brotações novas, o cálice é composto por cinco sépalas, que apresentam um par de glândulas produtoras de óleo. A corola é formada por cinco pétalas albo-róseas e unguiculadas, o androceu é composto por dez estames com anteras de coloração amarela (Benezar & Pessoni 2006). As flores não produzem néctar e os grãos de pólen são viscosos e recobertos por óleos. Essas são características associadas à polinização biótica, pois enquanto os óleos secretados nas glândulas atraem visitantes florais que os usam como fonte de alimento para suas crias, os óleos presentes nos grão de pólen facilitam a aderência do pólen aos seus corpos

fazendo com que atuem como agentes polinizadores da espécie (Pereira & Freitas 2002) (Figura 01).

Figura 01. a) Árvore de *B. coccolobifolia*; b) Inflorescência *B. coccolobifolia* finalizando o estágio de floração e iniciando a frutificação; c) flores de *B. coccolobifolia*.

Os agentes polinizadores são as abelhas, mais conhecidas como "abelhas coletoras-de-óleo". Poucos grupos de abelhas especializaram-se na coleta e consumo de óleos florais, entre esses grupos, destacam-se Centridini (*Centris* e *Epicharis)*, Tapinotaspidini (p.ex., *Paratetrapedia*) e Tetrapediini (p.ex., *Tetrapedia*), todos agrupados na família Apidae, e alguns da família Melittidae. Dentre estas, as espécies de *Centris* destacam-se por serem consideradas polinizadoras chave para a manutenção de várias espécies vegetais nos ecossistemas tropicais, inclusive do Murici (Vinson *et al*. 1997, Rego *et al*. 2006, Ramalho & Silva 2002). Em um estudo em uma savana

amazônica, Benezer & Pessoni (2006) encontraram como visitantes florais predominantes de *B. coccolobifolia*, abelhas da família Apidae: *Apis mellifera*, *Bombus* sp., *Centris* sp. e *Xylocopa* sp., onde apenas *Centris s*ão consideradas coletoras de óleo, as demais visitam apenas em busca de pólen (Rego *et al*. 2006).

Neste mesmo trabalho de Benezer & Pessoni (2006), os resultados das polinizações controladas e o cálculo do índice de auto-incompatibilidade (ISI) indicam que a espécie (*B. coccolobifolia*) apresenta comportamento protogínico e é autocompatível, produzindo frutos em todos os tratamentos de autopolinização em proporções semelhantes à polinização natural. Entretanto, os percentuais de frutos formados nos tratamentos de xenogamia foram significativamente superiores aos tratamentos de autofertilização, indicando que *B. coccolobifolia* apresenta um sistema reprodutivo misto com níveis elevados de alogamia.

A relação entre flores produtoras de óleos e abelhas foi descoberta por Vogel, no final da década de 1960, que posteriormente postulou que os óleos florais podem ser usados ao invés do néctar, para provisões larvais, mas não mostrou nenhuma evidência e não deu nenhuma explicação a respeito de porque os óleos puderam substituir o néctar. Sabe-se hoje, que os lipídeos são conhecidos por manter um papel principal na biologia do ninho de muitas abelhas, sendo usado na alimentação larval e para impermeabilização das células (Sigrist & Sazima 2004, Vinson *et al.* 1997).

O presente estudo tem como objetivo principal testar a hipótese de que plantas isoladas do cerrado apresentam uma menor produção de frutos, devido à dificuldade de acesso dos polinizadores. Para tanto, precisamos determinar, a priori, qual a importância da polinização cruzada na produção de frutos do Murici, e determinar uma lista de visitantes florais no Murici na região do Cerrado onde o estudo foi realizado, para podermos avaliar a capacidade de dispersão destes possíveis polinizadores na região.

ÁREA DE ESTUDO

Os experimentos foram realizados em duas propriedades agrícolas. A **Fazenda Vereda**, é propriedade do Consórcio Rio Vermelho e situa-se se na zona rural do

município de Aragoiânia-GO, mais precisamente na rodovia GO-219, Km 12 (sentido Guapó-Aragoiânia). Possui uma área total de 291,78 ha, sendo destes, 56,76 ha considerados área de Reserva Legal, local este, onde o experimento foi realizado. A **Fazenda Barreiro**, situa-se no município de Silvânia, Goiás, Brasil, cuja área total da propriedade é de 2000 ha, com grande parte devotada à atividade de pecuária (Figura 02).

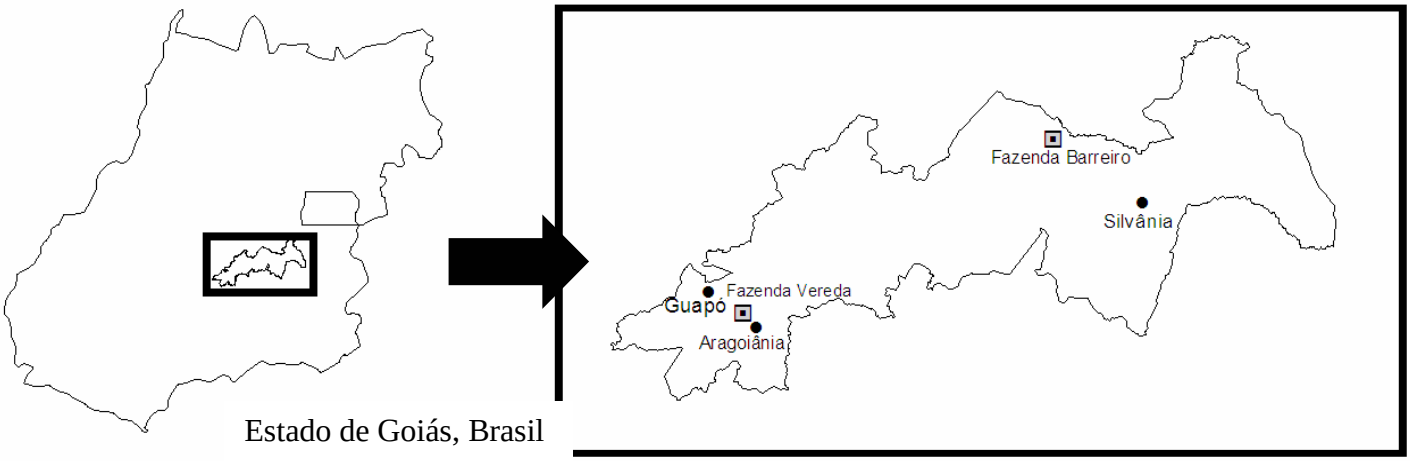

Figura 02. Localização geográfica da Fazenda Vereda e Fazenda Barreiro – Goiás, Brasil.

Na região onde se localiza a Fazenda Vereda a vegetação típica é o cerrado com pequenas mechas de mata semidecídua, entretanto essa área está sob forte influência de mineradoras próximas e mais recentemente com o turismo rural, assim as áreas com remanescentes florestais preservados nesta região são muito reduzidas e fragmentadas se limitando nas áreas mais acidentadas. Um levantamento feito pela Empresa Neotropica Tecnologia Ambienttal constatou que a fauna da região apresenta-se pouco diversificada, destacam-se a ocorrência de pequenos mamíferos (principalmente roedores), aves, répteis e anfíbios adaptados as modificações advindas de atividades antrópicas, tendo como refúgio (habitat principal) os fragmentos restantes de vegetação natural preservada. Estes indivíduos são os típicos de áreas onde ocorrem transformações da paisagem natural. Esses indivíduos estão em constante deslocamento,

principalmente com o intuito de obtenção de fontes de alimentos e reprodução (Consórcio Rio Vermelho, 2007, p. 26) (Figura 03).

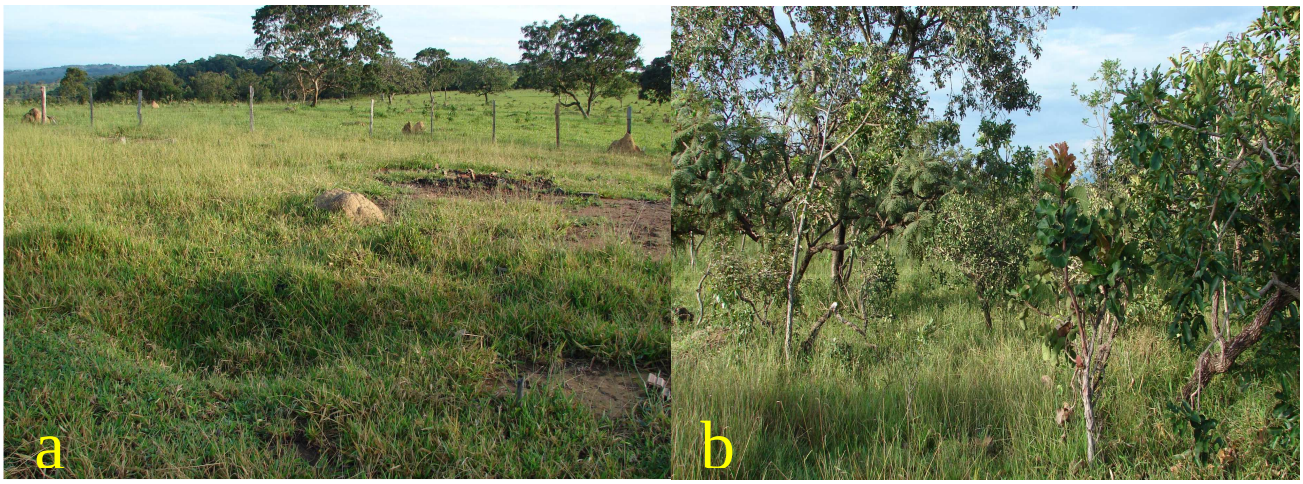

Figura 03. Fazenda Vereda. a) pasto com um fragmento de vegetação nativa ao fundo; b) vegetação nativa.

Na Fazenda Barreiro a área preservada atinge 25% de sua cobertura original, que inclui áreas de cerrado, campo sujo e floresta ripária. A distribuição da vegetação nativa não é uniforme na Fazenda, assim, é possível determinar como o grau de isolamento das árvores, podem afetar sua polinização, e consequentemente sua distribuição. Uma área da fazenda, conhecida como Belvedere ou Mirante (Figura 04), foi escolhida para esta etapa do experimento, por ser uma área eventualmente pastejada, mas que apresenta uma densa vegetação de cerrado sentido restrito. Além disso, esta área é circundada por uma matriz de pasto e apresenta certa declividade de um pequeno morro.

Figura 04. Fazenda Barreiro. Mirante ou Belvedere, área do experimento.

METODOLOGIA

Visitantes do murici

As observações para identificação dos possíveis polinizadores do Murici foram realizadas na Fazenda Vereda em outubro e novembro de 2007, e após um ano, este mesmo procedimento foi realizado na Fazenda Barreiro. Árvores de Murici foram marcadas e seus visitantes observados e coletados entre 7hs e 12hs da manhã. Durante este período, estabeleceu-se um tempo de observação de 10 min em cada árvore analisada, sendo anotada a hora e temperatura para cada amostra. Os visitantes foram coletados com auxílio de um puça e colocados em uma câmara mortífera com acetato de etila, para que, ao morrerem, mantivesse suas estruturas morfológicas intactas e o aparelho bucal para fora, o que facilita sua identificação. Em seguida, foram guardados em saquinhos de papel e posteriormente acondicionados em um freezer para que pudessem ser identificados posteriormente.

Para determinação sistemática foi utilizada literatura de Silveira *et al.* (2002) e o material foi identificado pelo Dr. Fernando A. Silveira (UFMG).

Taxa de Polinização e influência da fragmentação

Este experimento foi realizado na fazenda Barreiro, na área conhecida como mirante. Foram marcados 493 indivíduos de *Byrsonima* spp. Cada indivíduo foi identificado a nível de espécie e suas coordenadas geográficas foram marcadas utilizando um GPS. Dados como estado de floração e estado de frutificação foram anotados, para poder ter um melhor acompanhamento das plantas.

Após a determinação das três espécies de *Byrsonima* presentes na área (*B. coccolobifolia*, *B. verbascifolia* e *B. crassa*), *B. coccolobifolia* foi escolhida como planta-alvo do experimento devido a grande abundância no local e a sua época de floração. Ao avaliar o estado de floração e frutificação das espécies, pudemos perceber que apenas a *B. coccolobifolia*, estava no início do período de floração (mês de Setembro), as demais, ou ainda não haviam iniciado esta fase, como é o caso da *B.*

verbascifolia, ou já estavam no final dela, *B. crassa*, que em alguns casos já apresentavam até frutos.

Em seguida, utilizando os dados de coordenadas geográficas, os indivíduos foram plotados em um mapa com o auxílio do programa Statistica 8. Na figura 05, estão representados todos 493 indivíduos marcados, diferenciados em espécies para se ter uma noção da distribuição espacial do gênero no local. Destes 493 indivíduos, 319 são de *B. coccolobifolia*.

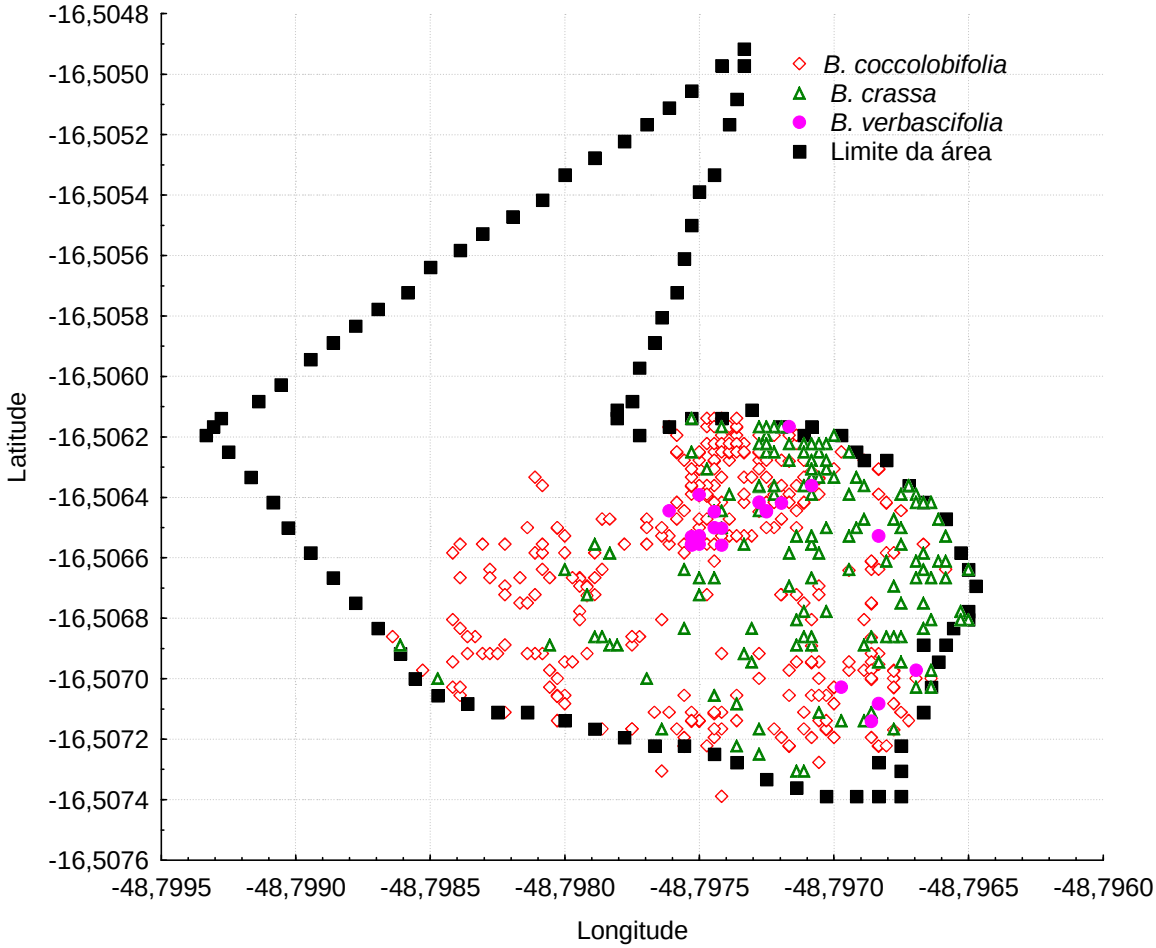

Figura 05. Distribuição espacial de uma comunidade *Byrsonima* no Mirante da Fazenda Barreiro.

B. coccolobifolia é a espécie predominante na área estando amplamente distribuída, enquanto *B. verbascifolia* foi encontrada em menor quantidade e de forma mais agregada. Podemos perceber que em alguns locais, determinadas espécies

predominam, como é o caso da *B. coccolobifolia* na parte esquerda do mapa, e da *B. crassa* na parte direita. Na parte norte do mapa existe uma área com total ausência de *Byrsonima*, sendo essa uma àrea mais plana, e a falta de árvores pode ser resultado de um pastejo mais intensivo nesta área, devido a baixa declividade do terreno.

Através do mapa da distribuição das 319 plantas de *B. coccolobifolia* encontradas (figura 06) foi possível selecionar os indivíduos experimentais que seriam utilizados para avaliar a taxa de polinização. O critério utilizado na escolha destes indivíduos foram os diferentes graus de isolamento. Nota-se na figura 4 que há dois indivíduos ensacados fora do limite do pasto, que foram inseridos no experimento por serem os únicos indivíduos da espécie encontrados no pasto.

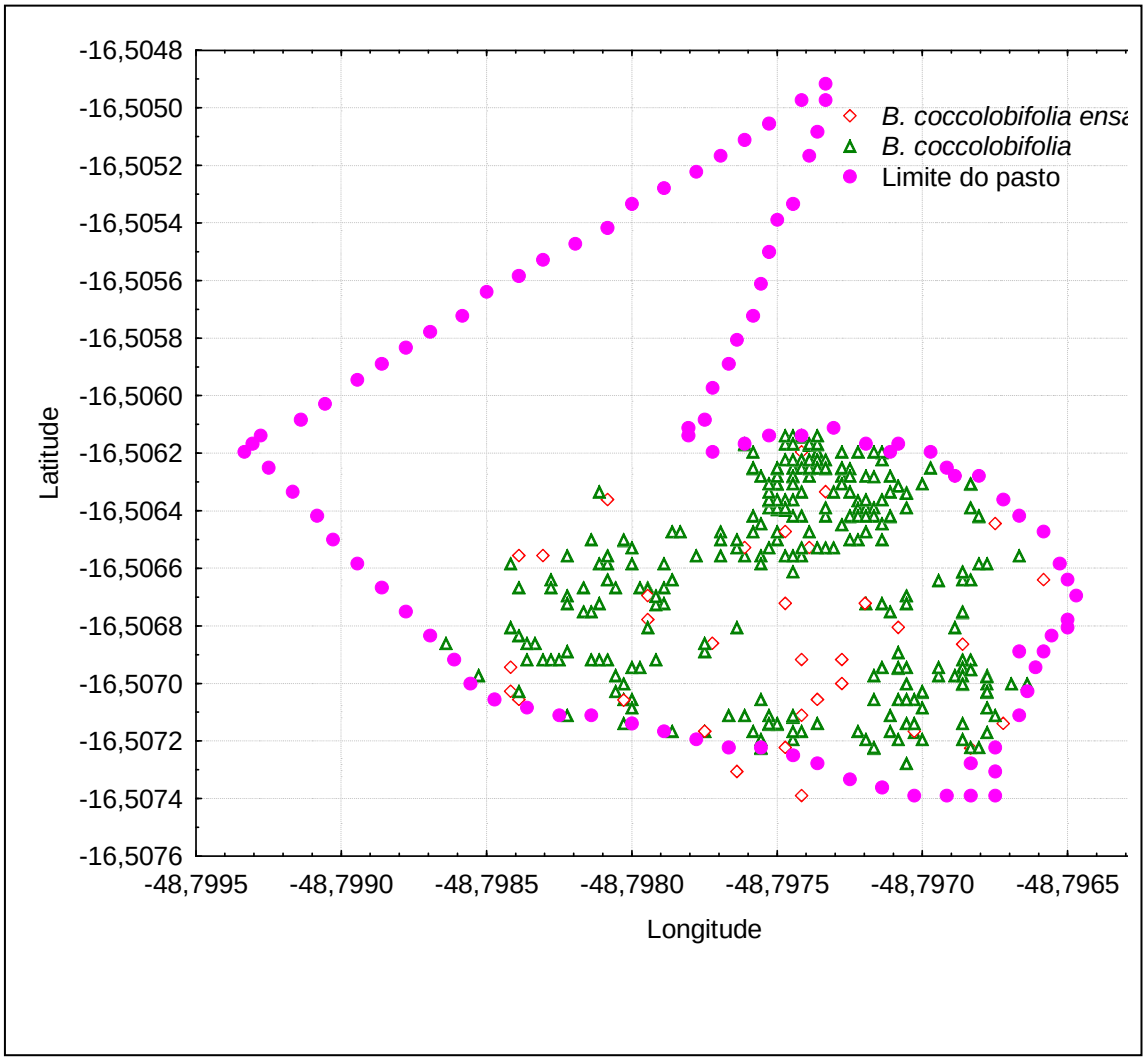

Figura 06. Distribuição espacial de *B. coccolobifolia* dentro da área de estudo, com destaque em vermelho para os indivíduos ensacados.

Em Outubro de 2008, em cada indivíduo escolhido, foram marcados dois ramos com botões ainda jovens, e o contado o número de botões de cada ramo**.** Em seguida um ramo foi ensacado com tela de filó (ramo-tratamento), evitando assim o contato de animais polinizadores, e o outro foi deixado como estava (ramo-controle). No período de frutificação, que se iniciou no mês de Dezembro, contamos o número de frutos em cada ramo marcado. Como notamos uma quantidade grande de ramos quebrados, voltamos ao local no mês de janeiro para fazer a recontagem dos frutos, e assim podermos verificar a influência que essa perda de ramos poderia trazer.

Para testarmos o efeito do isolamento, calculamos a distância do vizinho mais próximo à planta-alvo, e comparamos todas as plantas-alvo de acordo com as diferentes distâncias do vizinho mais próximo. Fizemos também uma análise de quantos indivíduos teriam ao redor de cada planta-alvo, para saber como a quantidade de plantas e as diferentes distâncias influenciavam. Para isso, definimos três circunferências ao redor da planta, com raios de 0-10m, 10-25m e 25-50m.

Análise de dados

Nas análises estatísticas, cada indivíduo foi considerado como uma amostra. Para definir a importância da abelha como agente polinizador, comparamos a quantidade de frutos produzidos de um ramo ensacado com o ramo não-ensacado da mesma planta através de um teste-t para amostras dependentes, utilizando o programa Statistica 8.

Para testar o efeito do isolamento do indivíduo na produção de frutos, fizemos uma regressão linear, também através do programa Statistica 8, entre a distância da planta-alvo e seu vizinho mais próximo, com a proporção de frutos produzidos no ramo-controle. Da mesma forma, para testar o efeito do número de plantas ao redor da planta-alvo através dos aros, utilizamos a regressão múltipla.

RESULTADOS

Possíveis polinizadores do murici

Fixamos as abelhas coletadas e conseguimos identificá-las obtendo os seguintes resultados: das 12 abelhas coletadas, 11 são da família Apidade: 4 operárias de *Paratrigona lineata*, 1 operária de *Tetragonisca angustula* (4 mm, Torres *et al.* 2007), 1 fêmea de *Centris (Centris) aenea*, 3 fêmeas de *Epicharis (Epicharitides) cockerelli* e 2 fêmeas de *Paratetrapedia (Tropidopedia) flavolineata*, e 1 é da família Halictidae: 1 fêmea de *Augochloropsis callichroa*. O que confirma o que já foi dito na literatura sobre a maioria dos visitantes de *Byrsonima* serem da família Apidae.

Taxa de Polinização e influência da fragmentação

Na primeira análise, o teste-t nos mostra que não há diferenças significativas na proporção de frutos produzidos nos ramos tratamento e controle (teste-t = -0,90, *gl* = 25, p = 0,373), contrariando o pressuposto de que a planta se reproduz principalmente por polinização cruzada. Os resultados mostraram que, apenas 5,4% dos botões ensacados, e 7,2% dos botões não ensacados, produziram frutos.

Durante a coleta dos dados, observamos que um número significativo de ramos foi quebrado. Na primeira visita para contabilizar a quantidade de frutos produzidos, dos 68 ramos marcados, 9 haviam sido quebrados, cerca de 13,2%. Na segunda contagem, aproximadamente 1 mês e meio depois, notamos que o número de ramos quebrados havia aumentado para 28, representando 38,2% do total. Acreditamos que essa perda significativa de galhos, pode estar relacionada com o movimento de animais na área, ou pode ser resultados de chuvas intensas.

A regressão simples nos mostra que, a distância do vizinho mais próximo não influencia na produção de frutos (r^2 = 0,001; p = 0,849) (Figura 07).

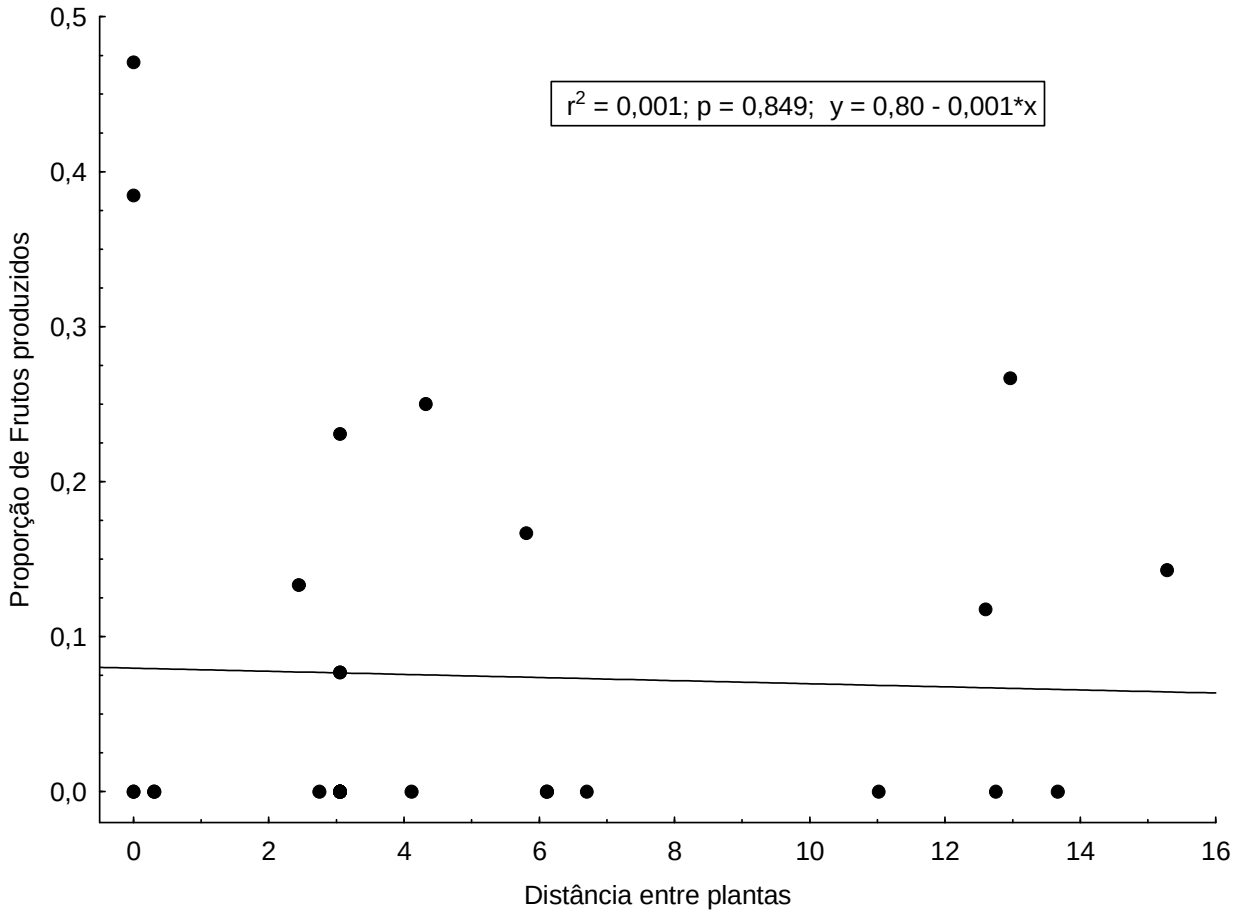

Figura 07. Regressão linear entra a distância da planta-alvo e seu vizinho mais próximo, e a proporção de frutos produzidos no ramos controle.

Ao avaliar como o número de indivíduos de mesma espécie ao redor da planta-alvo, num raio de 0-10m, 10-25m e 25-50m, pode interferir na produção de frutos, encontramos mais uma vez que não há nenhuma relação, pois não houve efeito total no intercepto (t = 1,812; p = 0,081) e nem na análise dos raios isolados (R0-10: t = 0,291, p = 0,773; R10-25: t = -0,597, p = 0,556; R25-50: t = -0,310, p = 0,759) (Tabela 01).

Tabela 01. Análise de regressão múltipla entre as proporções de furtos produzidos e o número de indivíduos ao redor da planta-alvo em diferentes raios (0-10m, 10-25m e 25-50m) - $F_{3,27}$=,203 p<0,893 estimativa de Erro Padrão:0,131.

	Beta	Erro Padrão de Beta	B	Erro Padrão de B	t (27)	p
Intercepto			0,103	0,057	1,812	0,081
R0-10	0,071	0,245	0,001	0,005	0,291	0,773
R10-25	-0,151	0,253	-0,001	0,002	-0,597	0,556
R25-50	-0,062	0,200	-0,0003	0,001	-0,310	0,759

DISCUSSÃO

Nos experimentos em campo, foi possível observar que os períodos de floração das espécies em questão diferem um do outro, o que nos leva a predizer que não há uma grande influência nos processos de polinização de uma espécie sobre a outra. Essa característica revela uma estratégia para evitar a competição por polinizadores, garantindo assim, o sucesso reprodutivo de todas as espécies de *Byrsonima* presentes no local.

Em uma comparação dos visitantes de *B. coccolobifolia* coletados neste experimento, com os visitantes de *Byrsonima* spp. relatados em outros estudos, podemos perceber que os visitantes deste gênero são predominantemente pertencentes a duas famílias: Apidae e Halictidae (Tabela 02), com um número significativo de representantes da Apidae. Em seu estudo, Barros (1992) constatou que, aparentemente, as abelhas não discriminam as flores das diferentes espécies de *Byrsonima*, o que explica esta semelhança de visitantes nas diferentes espécies em questão. Nosso estudo apresenta o mesmo padrão já discutido pelos demais autores, onde membros da família Apidae são os principais visitantes do gênero. Diversos trabalhos descrevem as abelhas da tribo Centridini (família Apidae) como as polinizadoras mais eficazes do gênero *Byrsonima* (Ribeiro *et al.* 2008).

Tabela 02. Comparação de estudos de diversos autores a respeito dos principais visitantes *Byrsonima* spp.

Espécie	Principais Visitantes	Região	Estudo
Byrsonima coccolobifolia	- Apidae: *Paratrigona lineata, Tetragonisca angustula, Centris (Centris) aenea, Epicharis (Epicharitides) cockerelli* e *Paratetrapedia (Tropidopedia) flavolineata*. - Halictidae: *Augochloropsis callichroa*.	Goiás	Este estudo
	- Apidae: *Apis mellifera* e *Bombus* sp., *Centris* sp. e *Xylocopa* sp.	Amazônia	Benezar & Pessoni 2006
	- Apidae: *Trigona fulviventris* e *T. pallens*	Goiás	Batista *et al*. 2005
	- Apidae: *Appis mellifera, Bombus brevivillus, B. morio, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Exomalopsis* sp., *Paratetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*. - Halictidae: *Augochloropsis aphrodite, A. Cleópatra, Lasioglossum* sp.	Distrito Federal	Barros 1992
B. chrysophylla	- Apidae: *Trigona fulvivientris, Trigonisca extrema, Melipona flavolineata, Centis caxiensis, C. aenea, C. leprieuri, C. byrsonimae, C. tarsata, C. sponsa, C. longimana, C. analis, C. flavifrons, Epicharis umbruculata, Xylocopa cearensis, X. frontalis*..	Maranhão	Ribeiro *et al*. 2008
B. sericea	- Apidae: *Trigona fulviventris*, *Centris* sp., *Epicharis* sp. - Halictidae: *Augochloropsis* sp.	Pernambuco	Teixeira & Machado 2000
	- Apidae: tribo Centridini, *Trigona spinipes.* - Halictidae: *Augochloropsis callichroa.*	Bahia	Ramalho & Silva 2002
B. crassa	- Apidae: *Trigona fulviventris* e *T. pallens, Centris aenea, C. flavifrons, C. fuscata, Tetrapedia diversipes.* - Halictidae: *Augochloropsis crassigena*.	Goiás	Batista*et al*. 2005

Tabela 02. Comparação de estudos de diversos autores a respeito dos principais visitantes *Byrsonima* spp.

Espécie	Principais Visitantes	Região	Estudo
B. crassa	- Apidae: *Apis mellifera, Bombus brevivillus, B. morio, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Centris* (Paracentris) *burgdorfi, C. discolar, Epicharis affinis, E. iheringi, Exomalopsis* sp., *Paratatetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*. - Halictidae: *Augochloropsis aphrodite, A. Cleópatra, Lasioglossum* sp.	Distrito Federal	Barros 1992
B. verbascifolia	- Apidae: *Trigona fulviventris* e *T. pallens, Centris flavifrons, Tetrapedia diversipes.* - Halictidae: *Augochloropsis crassigena*.	Goiás	Batista *et al*. 2005
	- Apidae: *Appis mellifera, Bombus brevivillus, B. morio, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Centris* (Paracentris) *burgdorfi, C. discolar, Epicharis iheringi, Exomalopsis* sp., *Paratatetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*. - Halictidae: *Lasioglossum* sp. - Megachilidae: *Megachile beroni, M. rubricata.*	Distrito Federal	Barros 1992
B. crassifolia	- Apidae: *Centris flavifrons*	Maranhão	Rego *et al.* 2006
	- Apidae: *Centris adanae* e *C. flavofasciata*	Costa Rica	Vinson *et al*, 1997
B. laxiflora	- Apidae: : *Appis mellifera, Bombus brevivillus, B. morio, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Centris* (Paracentris) *burgdorfi, C. discolar,C. iheringi, C. scopipes, C. cockerelli, Epicharis affinis, E. analis, E.bicolor, E. grandior, E. iheringi, E. rústica, Oxaea flavescens, Paratatetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*.	Distrito Federal	Barros 1992

Tabela 02. Comparação de estudos de diversos autores a respeito dos principais visitantes *Byrsonima* spp.

Espécie	Principais Visitantes	Região	Estudo

B. laxiflora	- Halictidae: *Augochloropsis aphrodite, A. Cleópatra, Lasioglossum* sp, *Neocorynura* sp.	Distrito Federal	Barros 1992
B. guilleminiana	- Apidae: *Apis mellifera, Bombus brevivillus, B. morio, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Exomalopsis* sp. - Halictidae: *Augochloropsis aphrodite, A. cleopatra.*	Distrito Federal	Barros 1992
B. subterranea	- Apidae: *Apis mellifera, Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Epicharis analis, E. iheringi, Exomalopsis* sp., *Paratatetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*.	Distrito Federal	Barros 1992
B. umbellata	- Apidae: *Paratrigona lineata, Trigona spinipes, T. branneri, Exomalopsis* sp., *Paratatetrapedia xantopoda, Tetragona clavipes, Tetrapedia rugulosa*. - Halictidae: *Augochloropsis cleopatra.* - Megachilidae: *Megachile rubricata*.	Distrito Federal	Barros 1992

Os visitantes coletados no nosso experimento são abelhas de médio e pequeno porte (Silveira *et al.* 2002). O tamanho corpóreo pode influenciar nos padrões de forrageamento destes insetos (Collevatti *et al.* 1997), Silveira *et al.* (2002) afirmam que a capacidade de dispersão varia de espécie para espécie mas, apesar disso, abelhas grandes, com maior capacidade de vôo, devem dispersar muito mais rapidamente que abelhas pequenas, com raio de vôo mais restrito. Dessa forma, o grau de isolamento seria um fator limitante no processo de polinização mediado por estes animais, contudo, os resultados mostraram que as taxas de isolamento não influenciaram neste processo. Isto pode ter ocorrido pelo fato de a polinização mediada por insetos não ter sido tão importante, camuflando assim os efeitos do isolamento, ou então, pelo simples fato de a distância entre indivíduos analisados, não ser suficientemente grande para influenciar negativamente no trânsito de polinizadores.

Vários estudos demonstram que as espécies de *Byrsonima*, apesar de terem requisitos de flores de polinização cruzada, apresentam certo grau de autopolinização e de autocompatibilidade (Barros 1992), contudo, estes mesmos estudos mostram que a polinização cruzada é predominante, tanto em *B. coccolobifolia*, quanto nas demais espécies deste gênero (Tabela 03). Desta forma, o fato de não haver diferenças significativas na proporção de frutos produzidos nos ramos tratamento (autopolinização) e nos controle (polinização livre), é um resultado que merece atenção.

Tabela 03. Comparação de estudos de diversos autores a respeito da produção de frutos de *Byrsonima* spp. em tratamentos de polinização livre e autopolinização.

Epécie	Polinização Livre (%)	Autopolinização Espontânea (%)	Autor
B. coccolobifolia	7,2	5,4	Este estudo
	41,1	13,8	Benezar & Pessoni 2006 – Experimento 1*
	46,6	44,0	Benezar & Pessoni 2006 – Experimento 2*
	20,0	0,0	Batista *et al.* 2005
	33,7	10,5	Barros 1992
B. crassifolia	75,0	-	Pereira & Freitas 2002
B. sericea	12,0	0,0	Teixeira & Machado 2000
B. crassa	36,0	4,0	Batista *et al.* 2005
	32,3	13,3	Barros 1992
B. verfbascifolia	42,0	4,0	Batista *et al.* 2005
	42,3	10,0	Barros 1992
B. guilleminiana	31,7	13,6	Barros 1992
B. laxiflora	53,5	5,2	Barros 1992
B. subterranea	39,0	15,0	Barros 1992
B. umbellata	29,1	11,1	Barros 1992

* Benezar e Pessoni (2006) realizaram dois experimentos para avaliar a frutificação da planta. Eles eram bastante semelhantes, o que diferia entre eles era apenas alguns tipos de tratamento com os botões e flores.. Os autores justificam alegam que "a razão da grande discrepância observada nas frutificações por autopolinização espontânea, entre os dois experimentos não pôde ser estabelecida. Entre as possíveis causas, destacam-se um possível erro de amostragem e/ou o favorecimento do processo de geitonogamia, ao nível de inflorescências isoladas, decorrente da antese em horários variados do dia, que foi observada apenas durante a execução do segundo experimento."

Tomando por base os demais estudos, é difícil aceitar que apenas a planta analisada por nós apresente como único sistema de reprodução a autopolinização. Mesmo por que, em termos evolutivos e em estratégia de sobrevivência, isto não traz nenhum benefício especial. Podemos então, levantar a hipótese de que este resultado pode estar associado com alguma deficiência na atração, abundância ou dispersão de polinizadores. Uma outra planta, que está florescendo na mesma época, pode estar competindo com a *B. coccolobifolia*, se mostrando mais atrativa em termos de recompensa (Duffy & Stout 2008), Andrieu *et al.* (2009) afirmam que os polinizadores podem adaptar seu comportamento de forrageio de acordo com a quantidade de recursos disponíveis. *B. coccolobifolia* pode, também, estar ocorrendo em regiões mistas, onde há varias outras plantas florindo, Gómez *et al.* (2007), afirmam em seu estudo que a maioria das plantas são visitadas e polinizadas por uma vasta diversidade de polinizadores, dessa forma ela pode estar mais propensa a sofrer Transferência Imprópria de Pollen (TIP), onde há transferência de pólen entre plantas de espécies diferentes e este pólen acaba cobrindo o estigma da flor evitando que o pólen de uma planta da mesma espécie entre em contato com ele, limitando a polinização (Duffy & Stout 2008). Uma outra possibilidade, é de que a comunidade de polinizadores pode estar sendo de alguma forma prejudicada, talvez por alguma alteração na paisagem, ou a presença de predadores, parasitas etc. Em vista destes possíveis fatores que limitam a polinização cruzada, a auto-compatibilodade se torna uma vantagem, pois, aumenta a probabilidade do sucesso da polinização e pode ser considerável quando ocorrem falhas na polinização ou falta dos polinizadores (Manente-Balestieri & Machado 1999).

Contudo, não descartamos a possibilidade de algum problema de amostragem, uma vez que a proporção de frutos produzidos foi muito baixa (ramos controle: 7,2%; e ramo tratamento: 5,4%), principalmente se comparado com outros estudos (Tabela 3). Além disso, muitos galhos quebraram, abaixando bastante o número de amostras. A perda significativa no número de galhos, pode estar relacionada com a movimentação de pequenos mamíferos e roedores, que apesar de não terem sido vistos com freqüência por nós (a maioria é de hábitos noturnos), sabemos que habitam a região por relatos dos funcionários da fazenda e por vestígios encontrados (como pegadas e fezes). Outro fator que pode acarretar na quebra dos galhos são as chuvas, que ocorrem com certa freqüência

nesta época. O fato é que isto representa uma grande perda para a planta, influenciando diretamente no seu sucesso reprodutivo. Talvez, a produção elevada de inflorescência pela planta seja justamente uma estratégia para minimizar essa perda.

Nos ramos que restaram, a baixa produção de frutos foi evidente, fator que não era esperado, uma vez que a planta apresenta uma grande quantidade de flores por inflorescências, e uma grande quantidade de inflorescências. É difícil afirmar o que está acontecendo, pois, uma grande quantidade de fatores pode estar influenciando neste resultado. Estudos diversos, realizados com diferentes plantas, propõem várias hipóteses para baixa produção de frutos, dentre elas destacam-se: escassez ou ineficiência do polinizador (Manente-Balestieri & Machado 1999, Paiva *et al.*1999, Kiill & Drumond 2001, Tavares *et al.* 2002, Nogueira & Arruda 2006, Petri *et al.* 2008), indisponibilidade de nutrientes no solo (Ferreira *et al.* 2003), herbivoria e predação comprometendo a produção e viabiliadade da flor e do fruto (Manente-Balestieri & Machado 1999, Vieira & Grabalos 2003, Nogueira & Arruda 2006, Carvalho *et al.* 2007, Aguiar & Gaglianone 2008), falta de recursos disponíveis na planta (Manente-Balestieri & Machado 1999, Paiva *et al.*1999, Nogueira & Arruda 2006, Aguiar & Gaglianone 2008), a autopolinização, uma vez que a espécie é normalmente de polinização cruzada (Nogueira & Arruda 2006), e fatores abióticos, como temperatura, umidade e precipitação (Ferreira *et al.* 2003, Nogueira & Arruda 2006, Pereira & Mayer 2008). Características do solo tais como, pH, aeração, temperatura e disponibilidade de nutrientes, também podem afetar diretamente o sucesso reprodutivo da planta, influenciando na produção e viabilidade dos frutos (Ferreira *et al.* 2003).

Alguns autores apontam a falha na polinização como a principal causa da baixa frutificação, como é o caso de Kiill & Drumond (2001) em seu estudo com *Gliricidia sepium*, Tavares *et al.* (2002) com peras e Paiva *et al.* (1999) com acerolas. Esta falha provavelmente é decorrente da escassez ou deficiência de polinizador (Manente-Balestieri & Machado 1999, Nogueira & Arruda 2006, Petri *et al.* 2008). Uma possibilidade importante aqui é que a alteração regional da paisagem com sua conversão em pastagem tenha alterado significativamente a população de abelhas importantes para a polinização do murici, possivelmente afetando os locais de nidificação dessas espécies. A possibilidade de

efeitos como esse sugerem o desenvolvimento de estudos na escala da paisagem, no qual várias réplicas de paisagem com diferente níveis de conversão para pastagem, permita avaliar quantitativamente essa hipótese.

Os frutos representam um alimento potencial para animais herbívoros que buscam tecidos ricos em nutrientes. Esse recurso está disponível para qualquer inseto ou outro animal capaz de explorá-lo, portanto é esperado que uma proporção grande de frutos possa ser perdida por predação antes e depois de amadurecer (Vieira & Grabalos 2003, Nogueira & Arruda 2006). Além disso, deve-se levar em consideração os animais que se alimentam de estrutura florais, podendo comprometer as estruturas reprodutivas da planta ou até a atratividade, interferindo na produção de frutos e prejudicando a polinização (Manente-Balestieri & Machado 1999, Aguiar & Gaglianone 2008).

Para produção de frutos, a planta necessita de um alto custo energético, que muitas vezes fica inviável, promovendo altos índices de aborto, tendo com isso baixa frutificação (Manente-Balestieri & Machado 1999, Aguiar & Gaglianone 2008). Segundo Nogueira & Arruda (2006), aborto de frutos danificados pode ser uma adaptação da espécie. Este aborto pode ser compensado como maior crescimento dos frutos restantes. Muitas plantas, mesmo crescendo em condições favoráveis, com polinização adequada, possuem uma porcentagem considerável de óvulos que não se desenvolvem. Estas perdas podem ter uma base genética, pois o processo de reprodução sexuada pode produzir uma freqüência alta de combinações de genes letais em óvulos e pólen. O defeito pode aparecer antes ou depois da fertilização (Fenner 1985 *apud* Nogueira & Arruda 2006).

Dessa forma, Fenner (1985) *apud* Nogueira & Arruda (2006) afirmam que as principais causas de mortalidade de óvulos e sementes durante a fase de pré-dispersão são: ineficiência de polinização, deficiência de recursos da planta-mãe para maturar o total de óvulos fecundados, aborto de frutos devido a combinações gênicas deletérias e perda de frutos e sementes por predação ou demais agentes patogênicos.

Fatores abióticos, relacionados ao clima também influem na produção de frutos. Contudo, não há um padrão, o grau de influência vai depender do objeto de estudo. Ferreira *et al.* (2003), em seu estudo com tomates por exemplo, encontraram que, em períodos de

elevadas temperaturas, altas umidade relativa, radiação solar e precipitação pluviométrica, o desenvolvimento de pragas e doenças era favorecido no tomateiro causando desenvolvimento vegetativo reduzido, aumentando a taxa de abortos florais e produzindo frutos de baixa qualidade. Já Pereira & Mayer (2008), relacionou a baixa produção de frutos nos pessegueiros em Vista Alegre do Alto-SP, com a baixa umidade relativa do ar e a alta insolação e temperatura durante o florescimento comprometendo a viabilidade do pólen e a frutificação. Nogueira & Arruda (2006) afirmam que: "os frutos de *Sophora tomentosa* L. formados na primavera possuem um amadurecimento mais rápido, pois seu crescimento e amadurecimento ocorrem durante a primavera e verão, que de acordo com CECCA (1997) são os períodos do ano com maiores temperaturas e precipitações do que no inverno".

Temos que levar em consideração também que, se a planta sofre predominantemente autopolinização, as chances dos frutos serem abortados é bem maior, uma vez que, esta alta taxa de endogamia leva a depressão endogâmica, que resulta na diminuição da variabilidade genética, aumentando probabilidade de má formação do embrião, portanto, há uma menor probabilidade de persistência (Fuzeto *et al.* 2001, Nogueira & Arruda 2006). Ou pode simplesmente ser um processo natural, e a planta deve produzir essa quantidade grande de flores como uma estratégia de que pelo menos alguns frutos vinguem.

CONCLUSÃO

Os diferentes graus de isolamento de indivíduos de *B. coccolobifolia*, pareceram não interferir nos processos de polinização e consequentemente na produção de frutos, talvez pelo fato de as distâncias entre as plantas não serem suficientemente grandes a ponto de limitar o forrageamento das espécies polinizadoras envolvidas. Outra hipótese, é de que a polinização mediada por insetos não seja tão importante, uma vez que a taxa de polinização cruzada não diferiu significativamente da autopolinização.

Essa semelhança entre as taxas de polinização cruzada e autopolinização não era esperada, pois contraria o que foi encontrado em diversos estudos, que apontam a polinização cruzada como forma predominante de reprodução de *B. coccolobifolia* e demais espécies do gênero *Byrsonima*. Este resultado pode, portanto, estar associado com alguma deficiência na atração, abundância ou dispersão de polinizadores.

As causas exatas para o déficit na produção de frutos observada pode estar associada à importância da autopolinização nesse estudo. No entanto outras hipóteses incluem a escassez ou ineficiência do polinizador, a herbivoria e predação comprometendo a produção e viabiliadade da flor e do fruto e a falta de recursos disponíveis na planta.

LITERATURA CITADA

AGUIAR, W. M. & GAGLIANONE, M. C. 2008. Comportamento de abelhas visitantes florais de *Lecythis lúrida* (Lecythidaceae) no norte do estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Entomologia 52(2):277-282.

AGUILAR, R., ASHWORTH, L., GALETTO, L. & AIZEN, M. A. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. Ecology Letters 9:968–980.

ANDRIEU, E., DORNIER, A., ROUIFED, S., SCHATZ, B. & CHEPTOU, P. 2009. The town Crepis and the country Crepis: How does fragmentation affect a plant–pollinator interaction? Acta Oecologica 35:1 – 7.

BARROS, M. A. G. 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich (Malpighiaceae). Revista Brasileira de Biologia 52(2):343-353.

BENEZAR, R. M. C. & PESSONI, L. A. 2006. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. Acta Amazonica 36(2):159-168.

CARVALHO, A. T., SANTOS-ANDRADE, F. G. & SCHLINDWEIN, C. 2007. Baixo sucesso reprodutivo em *Anemopaegma laeve* (Bignoniaceae) no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco. Revista Brasileira de Biociências (Nota Científica) 5(1):102-104.

COLLEVATTI, R. G., CAPOS, L. A. O. & SCHOEREDER, J.H. 1997. Foraging behaviour of bee pollinators on the tropical weed *Triumfetta semitriloba*: departure rules from flower patches. Insectes Sociaux 44:345 – 352.

CONSÓRCIO RIO VERMELHO. *Plano de Gestão Ambiental para aplicação de lodo da ETE Goiânia – Saneago em área de pastagem degradada na Fazenda Vereda, Goiânia – Goiás*. Goiânia: Neotrópica Tecnologia Ambienttal, 2007, 54 p. (Apostila).

COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & BELT, M. V. D. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387:253-260.

CRESSWELL, J.E. 1997. Spatial heterogeneity, pollinator behaviour and pollinator-mediated gene flow: bumblebee movements in variously aggregated rows of oil-seed rape. Oikos 78:546–556.

DE MARCO, P. & COELHO, F. M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. Biodiversity and Conservation 13:1245–1255.

DUFFY, K. J. & STOUT, J. C. 2008. The effects of plant density and nectar reward on bee visitation to the endangered orchid *Spiranthes romanzoffiana*. Acta Oecologica 34:131 – 138.

FAHRIG, L. 1998. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? Ecological Modelling 105:273–292.

FERREIRA, M.M.M., FERREIRA, G.B. & FONTES, P.C.R. 2003. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. Horticultura Brasileira 21(3):468-473.

FUZETO, A. P., BARBOSA, A. A. A & LOMÔNACO C. 2001. *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adri. Juss.) Penn. (Meliaceae), uma espécie dióica. Acta Botânica Brasileira 15(2):167-175.

GIRALDO-ZUNIGA, A. D., ARÉVALO-PINEDO, A., REZENDE, J. R., SILVA, C. S. & MONTEIRO, J. A. 2006. Drying Kinetics for Murici (*Byrsonima crassifolia*) Fruit. Journal of Food Processing and Preservation 30:699–705.

GOMES, P. 2005. Fruticultura Brasileira. Livraria Nobel, São Paulo.

GÓMES, J. M., BOSH, J., PREFECTTI, F., FERNÁNDEZ, J. & ABDELAZIZ, M. 2007. Pollinator diversity affects plant reproduction and recruitment: the tradeoffs of generalization. Oecologia 153:597–605.

GOVERDE, M., SCHWEIZER, K., BAUR, B. & ERHARDT, A. Small-scale habitat fragmentation effects on pollinator behaviour: experimental evidence from the bumblebee Bombus veteranus on calcareous grasslands. Biological Conservation 104:293–299.

HARIDASAN, M. 2000. Nutrição Mineral de Plantas Nativas do Cerrado. Revista Brasileira de fisiologia Vegetal 12(1):54-64.

KEARNS, C.A., INOUYE, D.W. & WASER, N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant–pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics 29:83–112.

KEARNS, C.A. & INOUYE, D.W. 1997. Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology: Much remais to be learned about pollinators and plants. BioScience 47(5):297-307.

KIILL, L. H. P. & DRUMOND, M. A. 2001. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae- Papilionoidae) na região de Petrolina, Pernambuco. Ciência Rural 31(4):597-601.

KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., AIZEN, M. A., GEMMILL-HERREN, B., LEBUHN, G., MINCKLEY, R., PACKER, L., POTTS, S. G., ROULSTON, T., STEFFAN-DEWENTER, I., VÁZQUEZ, P., WINFREE, R., ADAMS, L., CRONE, E. E., GREENLEAF, S. S., KEITT, T. H., KLEIN, A. M., REGETZ, J. & RICKETTS, T.

H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Ecology Letters 10:299–314.

JAUKER, F., DIEKÖTTER, T., SCHWAEZBACH, F. & WOLTERS, V. 2009. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. Landscape Ecology 24:547–555.

MANENTE-BALESTIERI, F. C. D. L. & MACHADO, V. L. L. 1999. Entomofauna Visitante das Flores de *Cassia spectabilis* (L.) D C. (Leguminosae). *In* Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. Rio Claro – SP, v. 28(3), p.492-437.

MATTEUCCI, M. B. A., GUIMARÃES, N. N. R., FILHO, D. T & SANTOS, C. A. 1995. Flora do Cerrado e suas Formas de Aproveitamento. *In* Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária. UFG, Goiânia – GO, v. 25(1), p.13-30.

NAEEM, S., CHAIR., CHAPIN, F. S., CONSTANZA, R., EHRKICH, P. R., GOLLEY, F. B., HOOPER, D. U., LAWTON, J. H., O`NEILL, R. V., MOONEY, H. A., SALA, O. E., SYMSTAD, A. J. & TILMAN, D. 1999. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes. Issues in Ecology, n. 4, 11 p.

NOGUEIRA, E. M. L. & ARRUDA, V. L. V. 2006. Frutificação e danos em frutos e sementes de *Sophora tomentosa* L. (Leguminosae, Papilionoideae) em restinga da praia da Joaquina, Florianópolis, SC. Biotemas 19(4):41-48.

NOMIYAMA, D. H., MARCON, G., REIS, L. F. & NETO, P. B. 2000. Agricultura Sustentável – Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília – DF: Editora Ibama, 190p.

PAIVA, J. R., PAIVA, W. O., CORDEIRO, E. R. & NETO, H. S. 1999. Parâmetros Genéticos em Progênies de Polinização Livre de Acerola. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34(4): 629-634.

PAUW, A. 2006. Floral Syndromes Accurately Predict Pollination By A Specialized Oil-Collecting Bee (*Rediviva peringueyi*, Melittidae) In a Guild of South African Orchids (Coryciinae). American Journal of Botany 93(6):917–926.

PEREIRA, F. M. & MAYER, N. A. 2008. Frutificação, características físicas de frutos e produtividade em cultivares e seleções de pessegueiro em Vista Alegre do Alto-SP. Ciência Rural 38(6):1547-1552.

PEREIRA, J. O. P. & FREITAS, B. M. 2002. Estudo da Biologia Floral e Requerimentos de Polinização do Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). Revista Ciência Agronômica 33(2):55-60.

PETRI, J. L., HAWERROTH, F. J. & LEITE, G. B. 2008. Fenologia de Espécies Silvestres de Macieira como Polinizadoras das Cultivares Gala e Fuji. Revista Brasileira de Fruticultura 30(4):868-874.

PINHEIRO, M. H. O. & MONTEIRO, R. 2006. Contribution of Forest Species to the Floristic Composition of a Forested Savanna in Southeastern Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology – An International Journal 49(5):763-774.

PIRES, A. S., FERNANDEZ, F. A. S. & BARROS, C. S. 2006. Vivendo em um Mundo em Pedaços: Efeitos da Fragmentação Florestal obre Comunidades e Populações Animais. *In* Biologia da Conservação: Essências (C. F. D. Rocha, H. G. Bergallo, M. V. Sluys & M. A. S. Alves). São Carlos – SP: Editora Rima, p.231-259.

RAMALHO, M. & SILVA, M. 2002. Flora Oleífera e sua Guilda de Abelhas em uma Comunidade de Restinga Tropical. Sitientibus Série Ciências Biológicas 2(1/2):34-43.

RASTRELLI, L., TOMMASI, N., BERGER, I., CÁCERES, A., SARAVIA, A. & SIMONE, F. Glycolipids From *Byrsonima crassifolia*. Phytochemistry 45(4):647-550.

REGO, M. M. C., ALBUQUERQUE, P. M. C., RAMOS, M. C. & CARREIRA, L. M. 2006. Aspectos da Biologia de Nidificação de *Centris flavifrons* (Friese)

(Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos Principais Polinizadores do Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. Neotropical Entomology 35(5):579-587.

REZENDE, C. M. & FRAGA, S. R. G. 2003. Chemical and Aroma Determination of the Pulp and Seeds of Murici (*Byrsonima crassifolia* L.). Journal of the Brazilian Chemical Society 14(3):425-428.

RIBEIRO, E. K. M. D., RÊGO, M. M. C. & MACHADO, I. C. S. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. Acta Botânica Brasileira 22(1)165-171.

RIBEIRO, L. F. & TABARELLI, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. Journal of Tropical Ecology 18:775-794.

RICKETTS, T. H. 2004. Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops. Conservation Biology 18(5):1262–1271.

SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. 1998. Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina – DF: Embrapa, 556p.

SIGRIST, M. R. & SAZIMA, M. 2004. Pollination and Reproductive Biology of Twelve Species of Neotropical Malpighiaceae: Stigma Morphology and its Implications for the Breeding System. Annals of Botany 94:33-41.

SILVEIRA, F. A., MELO, G. A. R. & ALMEIDA, E. A. B. 2002. Abelhas Brasileiras – Sistemática e Identificação. Belo Horizonte – MG: Fernando A. Silveira, 1a edição, 253p.

TABARELLI, M., SILVA, J. M. C. & GASCON, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and theimpoverishment of neotropical forests, Biodiversity and Conservation 13:1419–1425.

TAVARES, J. C., FACHINELLO, J. C., DA SILVA, J. B. & HERTE, F. G. 2002. Fitorreguladores no aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras CV. Garber. Revista Brasileira de Fruticultura 24(3):629-630.

VALE, A. T. & FELFILI, J. M. 2005. Dry Biomass Distribuition in Cerrado *Sensu Strictu* in Central Brazil. Revista Árvore 29(5):661-669.

VANDERMEER, J. & PERFECTO, I. 2006. The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation. Conservation Biology 21(1):274–277.

VIEIRA, D. L. M., SCARIOT, A. & HOLL, K. D. 2006. Effects of Habitat, Cattle Grazing and Selective Logging on Seedling Survival and Growth in Dry Forests of Central Brazil. Biotropica 39(2):269-274.

VIEIRA, M. F. & GRABALOS, R. 2003. Sistema reprodutivo de Oxypetalum mexiae Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. Acta Botânica Brasilica 17(1):137-145.

VINSON, S. B., WILLIAMS, H. J., FRANKIE, G. W. & SHRUM, G. 1997. Floral Lipid Chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpigheaceae) and a Use of Floral Lipids by *Centris* Bees (Hymenoptera: Apidae). Biotropica 29(1):76-83.