



Universidade de Brasília
Instituto de Biologia
Departamento de Ecologia

Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (*Caryocar brasiliense*) no Cerrado do Brasil central.



Rafael Nunes Zardo

Orientação

Prof. Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques

Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Ecologia do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para à obtenção do título de Mestre em Ecologia

Brasília, DF
Abril de 2008

Rafael Nunes Zardo

**Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (*Caryocar brasiliense*) no
Cerrado do Brasil central.**

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília
como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques
Orientador – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Marcelo Ximenes Aguiar Bizerril
Membro Titular – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Rogério Gribel Soares Neto
Membro Titular – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Prof. Dr. John DuVall Hay
Membro Suplente – Universidade de Brasília

Dedicado aos meus pais e amigos

“A diferença básica entre um homem comum e um guerreiro é que um guerreiro toma tudo como desafio, enquanto um homem comum toma tudo como benção ou como castigo”

Carlos Catañeda

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela bolsa de estudos concedida. A administração da Fazenda Água Limpa e ao pessoal da administração do Parque Nacional de Brasília, em especial a Diana, pela oportunidade de realização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora. Rogério Gribel por ter se disponibilizado e aceitado o convite. Ao Professor Marcelo por sempre ter me ajudado desde a graduação, me incentivando e acreditando em mim. Ao meu orientador Professor Raimundo Henriques que me aceitou como orientando, e me ensinou várias coisas sobre ecologia, além de sempre sugerir novas idéias para melhorar esse trabalho. Ao Professor John Hay, que tem sido um ótimo coordenador do curso, além de ter contribuído respondendo dúvidas e dando sugestões para essa dissertação.

Aos professores da Unb, em especial Prof^a Dulce, Prof^a Helena, Prof^a Mercedes, Prof. Aldicir e Prof. Guarino, pelos ensinamentos valiosos e incentivos a essa dissertação. Aos funcionários da UnB, Consolação, Petrônio, Iriode e Fábio, pela convivência e pela ajuda que sempre disponibilizaram. Ao Mardônio que me ajudou bastante nos trabalhos de campo, tanto na marcação das áreas, como na coleta de dados. Ao Seu Apolinário que se disponibilizou a nós deixar acompanhá-lo nas suas coletas, e pela sua boa prosa.

Aos colegas e amigos da UnB, Priscila, Clarisse, Fred, Galiana, Natália, Pedro, Rafael Maia, Gabriel, Rebecca, Fábio, Giuliano, Pedrão, Morgana, Leandro, Jonas, Adriana, Rafael, Neuza, Rodrigo, Washington, Isabela, Francisco, Ladislau e todos outros, que são grandes companheiros que estiveram comigo nessa caminhada, tanto nas dificuldades quanto nas diversões.

Aos meus amigos que eu fiz no Karate, que treinando comigo me ajudaram a aliviar e superar os problemas de todos os dias. Aos meus amigos, Rafael e Tiago, pelos jogos de RPG de fim de semana. Aos meus amigos Fausto, Eurico, Daniel, Márcio, Malka, Marlon, minha prima Tati e

todos os meus amigos de longa data, muito dos quais tem muito tempo que eu não os vejo, mas sei que continuam sendo grandes amigos.

Aos meus irmãos, André e Erick, pelo convívio e pelas “quebradas de galho” que sempre me proporcionaram. Ao meu pai e minha mãe, por terem me agüentado todo esse tempo, sempre me apoiando e ensinando o que é certo e errado, a eles com certeza vai meu muito obrigado. E finalmente eu agradeço a Deus, meu pai eterno, que sempre tem sido a luz do meu caminho.

ÍNDICE

RESUMO	pag. 1
ABSTRACT	pag. 2
INTRODUÇÃO	pag. 3
Extrativismo no Cerrado	pag. 6
Objetivos do Estudo	pag. 8
Espécie Estudada	pag. 8
MATERIAL E MÉTODO	pag. 14
Áreas de Estudo	pag. 14
Amostragem da População	pag. 16
Incremento Diamétrico Anual (IDA)	pag. 17
Geminção Natural	pag. 17
Sobrevivência anual	pag. 18
Remoção Natural de Putâmens	pag. 18
Construção do Modelo de Matriz	pag. 19
Análise de Sustentabilidade	pag. 22
RESULTADOS	pag. 23
Estrutura da População	pag. 23
Incremento Diamétrico Anual (IDA)	pag. 24
Produção de Frutos	pag. 25
Geminção Natural	pag. 27
Sobrevivência anual	pag. 27
Remoção Natural de Putâmens	pag. 29
Modelo de Matriz para <i>Caryocar brasiliense</i>	pag. 30

Análise de Sustentabilidade	pag. 33
DISCUSSÃO	pag. 35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pag. 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição geográfica de *Caryocar brasiliense* no Brasil (modificado de Prance & Silva 1973). pag. 9

Figura 2: Diagrama esquemático mostrando as transições entre os vários estágios de vida de *Caryocar brasiliense* (plântula, jovem e adulto), assim como os processos associados (floração, dispersão de sementes e germinação). Ainda, são mostradas algumas interações possíveis entre outros organismos e esses processos: Os botões florais são protegidos por formigas do gênero *Camponotus* sp; a polinização é feita por morcegos da espécie *Glossophaga soricina*; os frutos em desenvolvimento são predados por larvas de lepidópteros do gênero *Carmenta* sp; os frutos são consumidos pela fauna (ex. *Tapirus terrestres*), sendo que podem atuar como possíveis dispersores das sementes; e os frutos ainda são removidos pelo homem. pag. 11

Figura 3: Produção extrativa (toneladas) e o valor comercializado (milhões de reais) de frutos de *Caryocar brasiliense* na região do cerrado. Fonte: IBGE (2003, 2004, 2005, 2006 e 2007). pag. 13

Figura 4: Localização das duas áreas de estudo no Distrito Federal. pag. 14

Figura 5: Precipitação mensal (mm) de Brasília nos dois anos desse estudo. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. pag. 16

Figura 6: Diagrama esquemático do modelo de estágios de vida de *Caryocar brasiliense*. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe. pag. 20

Figura 7. Distribuição do número de indivíduos de *Caryocar brasiliense* nas três classes de tamanho, para o primeiro e o segundo hectare amostrado, assim como o valor total. O número acima das barras representa o número de indivíduos em cada classe. Classe de tamanho: plântulas (< 1,44 cm); jovens (1,44 cm – 7,32 cm); e adultos (> 7,32 cm). pag. 24

Figura 8: Regressão linear entre o diâmetro basal (cm) e o incremento diamétrico (mm/ano) para *Caryocar brasiliense* ($y = 0,368 + 0,138x$; $r^2 = 0,18$; $N = 290$). pag. 25

Figura 9: Número de frutos por indivíduo em função do diâmetro basal (cm) de plantas adultas de *Caryocar brasiliense* nos anos de 2006 ($y = -12,66 + 1,871x$; $r^2 = 0,29$; $F = 16,19$; $p < 0,001$) e de 2007 ($y = -5,725 + 0,698x$; $r^2 = 0,53$; $F = 27,16$; $p < 0,0001$). pag. 26

Figura 10: Distribuição do número de frutos de *Caryocar brasiliense* de acordo com o peso fresco dos frutos (g). pag. 27

Figura 11: Distribuição do número de putâmens de *Caryocar brasiliense* de acordo com o peso fresco do putâmen (g). pag. 28

Figura 12: Distribuição do número de frutos de *Caryocar brasiliense* de acordo com o número de putâmens presentes por fruto. pag. 28

Figura 13: Porcentagem acumulada de putâmens de *Caryocar brasiliense* removidos ao longo do tempo, baseado na média das remoções nos 20 pontos. O eixo x (horas) está em escala logarítmica. pag. 29

Figura 14: Número médio de putâmens de *Caryocar brasiliense* removidos por hora, nos 20 pontos, em cada intervalo de tempo entre as visitas. O eixo x (horas) está em escala logarítmica. pag. 30

Figura 15: Contribuição proporcional de cada parâmetro à taxa de crescimento populacional (λ) de *Caryocar brasiliense*, separados para cada classe de tamanho. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe. pag. 31

Figura 16: Curva simulando a influência da retirada de frutos de *Caryocar brasiliense* na taxa de crescimento constante (λ), considerando a produção média por indivíduo do ano de 2006. pag. 33

Figura 17: Contribuição proporcional de cada parâmetro na taxa de crescimento populacional constante (λ) de *Caryocar brasiliense*, para diferentes níveis de remoção de frutos. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe. A elasticidade para cada parâmetro foi somada para todas as classes de tamanho, dando um único valor para cada regime de exploração.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros populacionais de *Caryocar brasiliense* necessários para a construção do modelo de matriz. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe, P = sobrevivência com passagem de classe, e IDA = incremento diamétrico anual.

pag. 32

RESUMO

O pequi (*Caryocar brasiliense*) é uma árvore característica do bioma Cerrado, sendo importante para as comunidades rurais, devido aos seus frutos serem utilizados na alimentação e indústria. Um estudo da dinâmica de sua população foi realizado em duas áreas de Cerrado, no Distrito Federal, no Brasil central. Este estudo foi realizado durante os anos de 2006 e 2007 em áreas naturais, com vegetação de cerrado *stricto sensu*, protegida e não perturbada por exploração de frutos. Em uma área de 2 hectares foi determinada a estrutura da população e registrados para cada indivíduo: a sobrevivência, crescimento e produção de frutos. Foram registradas também a taxa de germinação natural e a taxa de remoção de putâmens pela fauna.

A taxa de incremento anual foi de 0,5 mm/ano para plântulas, 0,9 mm/ano para jovens e 3,9 mm/ano para os adultos. No ano de 2006, 74,6 % dos adultos produziram frutos com uma média de 24 ± 30 frutos/planta, enquanto no ano de 2007, 48,2 % produziram frutos com uma média de 11 ± 13 frutos/planta. A sobrevivência anual para plântulas foi de 92,7 %. Durante o período de estudo, não foi registrada a morte de nenhum indivíduo jovem ou adulto. As sementes demoraram 11 meses para germinar e a taxa de germinação natural foi de 15,5 %. A proporção de putâmens removidos pela fauna foi de 0,43. Um modelo de população de matriz foi construído para a população de *Caryocar brasiliense* baseado nos parâmetros determinados. A taxa de crescimento populacional (λ) foi de 1,09. Uma análise de elasticidade indicou que λ é sensível principalmente à sobrevivência dos adultos, e o crescimento da população é influenciado pela exploração de frutos apenas em altas taxas de exploração (aproximadamente 100%). A análise de sustentabilidade mostrou que 57% da produção de frutos pode ser explorados sem prejuízos para a população de *Caryocar brasiliense* e para a fauna.

ABSTRACT

Pequi (*Caryocar brasiliense*) is a native tree found throughout the Cerrado biome in central Brazil, and is exploited by rural population as a source of food and is also utilized by industry. A study of population dynamics was carried out in two areas of Cerrado, Distrito Federal, central Brazil. The study period covered the years of 2006 and 2007 in natural areas with cerrado *stricto sensu* vegetation physiognomy. The areas were protected and had no of fruit harvest. The population structure was studied in an area of 2 ha, where I determined plant mortality, growth, and fruit production by individual. Additionally I determined, by experimentation, germination and nut removal by fauna in natural habitat.

Growth rate in diameter was 0.5 mm/year for seedlings, 0.9 mm/year for juveniles and 3.9 mm/year for adult plants. The percentage of reproductive adults was 74.6 % in 2006 and 48.2 % in 2007, with 24 ± 30 fruits/plant and 11 ± 13 fruit/plant, respectively. The annual survival for seedlings in natural vegetation of cerrado *stricto sensu* was 92.7 %. During the period of study I not record mortality of any juvenile or adult. Germination began after 11 months and the germination rate was 15.5 %. The proportion of seed removal by fauna was 0.43. Matrix population models were constructed for the population using natural determined parâmetros. The population growth rate (λ) was 1.09. An elasticity analysis showed that λ was most sensitive to adult survival and fruit harvest influences population growth only after 99 % of fruit harvest. Sustainability analysis showed that 57% of the fruit production could be harvested without affecting the population persistence or the fauna.

INTRODUÇÃO

Os produtos florestais não madeireiros (PFNM) são bens animais ou vegetais extraídos de áreas naturais, excluindo a madeira e incluindo: cascas, raízes, óleos, resinas, folhas, frutos, sementes, penas e até indivíduos inteiros (p.e. ervas e animais de caça ou pesca). Esses produtos têm sido explorados pelas populações humanas, para subsistência e comércio, por milhares de anos.

As altas taxas de desmatamento das áreas tropicais têm resultado na procura por usos econômicos alternativos visando à conservação dessas áreas. O estudo pioneiro de Peters *et al.* (1989), mostrou que o valor monetário da extração de madeira em florestas tropicais era inferior aos ganhos da exploração de outros produtos florestais, como frutos, além de representar uma alternativa para outros usos econômicos da área como à agricultura e pecuária. A consequência conservacionista desse estudo é que se os povos que vivem da floresta conseguem obter um retorno econômico, através dos produtos gerados por ela, eles protegeram a origem de sua fonte de renda.

Recentemente, o comércio de PFNM, particularmente de plantas medicinais, tem resultado em um incremento no volume explorado, o que tem gerado preocupações com a conservação dessas áreas naturais (Pandit & Thapa 2003, Peres *et al.* 2003, Raí & Uhl 2004). Por exemplo, das 1543 espécies de plantas medicinais comercializadas na Alemanha e das 400 espécies usadas na produção de medicamentos na Índia, mais de 90% delas são provenientes de áreas naturais (Ticktin 2004). No Brasil, 82 espécies de plantas são responsáveis pela maior parte do comércio de produtos extrativistas vegetais (Wunder 1999).

Além do apelo conservacionista, o uso de PFNM é muito importante para a subsistência de diversas comunidades rurais, principalmente para as mais pobres e isoladas. Essas comunidades utilizam os PFNM para curar enfermidades, para complementar a alimentação, e para fabricar moradias e instrumentos (Bennett 2002). Além disso, a comercialização desses produtos representa uma grande parte da renda familiar das comunidades rurais (Endress *et al.* 2004, Pandit & Thapa

2003, Wadt *et al.* 2005). Wunder (1999) estimou para o Brasil, no período de 1995/96, que a extração de PFSM gerou uma renda de R\$ 213 milhões de reais. Esse valor foi quantificado pelo IBGE e, portanto apenas representa o valor da economia formal, de modo que o valor do comércio de PFSM pode ser muito maior quando considerada a economia informal também. Isso sugere que na ausência da extração desses produtos existe a possibilidade de aumento nos níveis de pobreza nas comunidades que dependem da renda de PFSM.

A extração de PFSM, no entanto, suscita preocupações sobre as conseqüências ecológicas dessa prática. Os impactos ecológicos da extração podem ocorrer do nível dos genes até ao do ecossistema, de acordo com a parte que é explorada, por exemplo, a extração de sementes causa menos impacto do que a retirada de plantas inteiras, como o palmito (Ticktin 2004). Diferenciações genéticas foram encontradas por Shaanker *et al.* (2004) entre populações com maior e menor taxa de exploração. Essa diferença foi atribuída à seleção direcional devido a maior pressão de coleta e/ou a dificuldade nos cruzamentos dentro da população devido ao menor tamanho populacional. Outros estudos observaram ao nível populacional, alterações nas taxas de sobrevivência, crescimento do indivíduo e reprodução, com conseqüentes mudanças na proporção entre jovens e adultos, entre áreas exploradas e não exploradas (Kathriarachchi *et al.* 2004, Peres *et al.* 2003, Raí & Uhl 2004, Ticktin 2004).

Existem poucos estudos analisando o efeito da exploração de PFSM tanto na estrutura das comunidades, quanto no funcionamento e nos serviços ambientais dos ecossistemas, como na manutenção da biodiversidade e na ciclagem de nutrientes. Boot & Gullison (1995) sugerem que os impactos nas comunidades e nos ecossistemas dependem dos seguintes fatores: número de interações entre a espécie explorada e as outras da comunidade; intensidade dessas interações; abundância relativa da espécie explorada em relação às outras; tipo de produto extraído (p.e. frutos ou palmito); e o método de extração. Desse modo, podemos esperar que os frugívoros e os

herbívoros foliares possam sofrer algum impacto na exploração de frutos e de folhas. Moegenburg & Levey (2003) estudaram o efeito da exploração de frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) na Amazônia, observando que a remoção dos frutos pode alterar a composição de espécies, abundância e o comportamento de forrageamento dos frugívoros. Um outro estudo revelou também que a exploração de palmito (*Euterpe edulis*) alterou a abundância de duas das 15 espécies de aves frugívoras estudadas (Galetti & Aleixo 1998). Em outro estudo, a exploração de PFNM aumentou a sensibilidade da planta explorada ao ataque de herbívoros (Mustart & Cowling 1992). Os impactos nos ecossistemas provêm de perdas dos nutrientes contidos nos PFNM, conseqüentemente podem ser esperadas alterações na ciclagem de nutrientes dependendo da parte da planta removida e da intensidade da exploração (Ticktin 2004). Um estudo indicou que a exploração prolongada de *Banksia hookeriana* poderia afetar a ciclagem de nutrientes do ecossistema na Austrália (Witkowski & Lamont 1996).

Todos esses impactos podem ser agravados quando a extração de PFNM não é suficiente para a subsistência dos coletores. Assim, eles podem acabar utilizando outras formas de exploração e aumentar a intensidade de extração, podendo causar novos tipos de impactos ecológicos (Boot & Gullison 1995), ou ainda, complementar a renda com outras atividades que degradam o ambiente mais rapidamente, como a extração de madeira (Silvertown 2004).

As questões centrais com relação à exploração de PFNM são: Essa prática pode ser sustentável, ou seja, a produção pode ser mantida? Qual o impacto na estrutura da população explorada? Alguns recursos são explorados há bastante tempo, mas isso não significa que essa prática seja sustentável, pois não sabemos se os níveis atuais de exploração são os mesmos de antes (Boot & Gullison 1995, Pandit & Thapa 2003). Na região amazônica Peres *et al.* (2003), comparou populações de áreas exploradas com de áreas não exploradas de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*). Seus resultados indicaram que nenhum ou poucos indivíduos jovens foram encontrados em

áreas muito exploradas, comparando com áreas sem ou com pequena exploração. Silvertown (2004) relata que é difícil explorar ecossistemas naturais de maneiras sustentáveis, como no caso da castanha-do-pará, não só pelos impactos na população como também pelo fato de que a renda gerada apenas por essa exploração é insuficiente para manter comunidades que vivem do extrativismo e por isso, eles acabam complementando a renda com outras atividades prejudiciais a florestas.

Atividades de exploração podem ser sustentáveis desde que mantidas a estrutura das populações, os processos ecológicos e serviços dos ecossistemas. Os modelos de matrizes podem ser usados para analisar essa questão de maneira mais objetiva. Esses modelos são preparados utilizando valores médios de crescimento individual, de sobrevivência e de fecundidade, separados para cada classe ou estágio de vida da população. Depois de construído, esse tipo de modelo permite conhecer se a população está aumentando, diminuindo, ou estável, além disso, permite simular os efeitos de algum distúrbio no crescimento dessa população, como por exemplo, a extração de frutos (Caswell 1989). Vários estudos recentes foram usados para prever alterações nas populações sob pressão de exploração e propor práticas de manejo mais sustentáveis (Ticktin 2004 e referências citadas). Alguns estudos têm usado os modelos de matrizes para analisar o impacto da exploração de frutos na dinâmica de populações de frutíferas nativas como a marula (*Sclerocarya birrea*) na África (Emanuel *et al.* 2005), da palmeira *Phytelephas seemanii* na Colômbia (Bernal 1998) e da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) (Zuidema & Boot 2002).

Extrativismo no Cerrado

Apesar de no Cerrado termos pessoas e comunidades envolvidas no extrativismo de produtos, há uma falta de políticas públicas voltadas ao extrativismo. As políticas públicas baseadas no desenvolvimento agrícola e pecuário ocasionaram na conversão de grande parte dessa vegetação

em sistemas agropecuários (Klink & Moreira 2002). Essa diminuição de áreas naturais tem contribuído para reduzir as possibilidades de extração vegetal no cerrado, e por isso essa atividade perde cada vez mais espaço no Cerrado (Pires & Scardua 1998).

Mas ainda assim, não é difícil de encontrar, em feiras populares, PFNM extraídos do cerrado. Matteucci *et al.* (1995) registrou, para Goiás, 170 espécies de plantas que são usadas na alimentação e na medicina popular pela população rural. Em outro estudo, Pires & Scardua (1998) mostraram, através de dados do IBGE (valores de economia formal), que o extrativismo na região do cerrado de apenas 12 espécies vegetais correspondeu a 2,9 milhões de toneladas de PFNM, no valor de R\$ 2,3 bilhões de reais, durante o período de 1980 a 1993.

Para a comunidade rural a exploração de frutos do cerrado é importante para a renda familiar. A exploração desses produtos pode representar até 57% da renda anual do trabalhador, correspondendo a R\$ 500,00 reais por safra (Gomes 2000). Em outro estudo (Anonymous 2004) foi relatado que as castanhas do Barú (*Dipteryx alata*), depois de processadas (torradas) podem representar uma renda de até R\$ 230,00 por família/safra. Produtos ornamentais, como os produzidos utilizando pedúnculos do capim dourado (*Syngonanthus nitens*) podem gerar uma renda de R\$ 345,00/mês (Schmidt *et al.* 2007).

Apesar da importância econômica para as comunidades rurais, existe pouca informação sobre o impacto ecológico da extração de PFNM no cerrado. Borges Filho & Felfili (2003) registraram para o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), que de 25% a 58% dos indivíduos de uma população são utilizados para a exploração (retirada da casca) e a proporção de casca retirada por indivíduo pode variar desde menos de 10% até 100% da área do caule das plantas. Em outro estudo, sobre o efeito da exploração de pedúnculos foliares do capim dourado (*Syngonanthus nitens*), Schmidt *et al.* (2007) não detectaram impacto da exploração na sobrevivência, no crescimento e na reprodução dos indivíduos da população explorada. No estudo de Silva (2005),

sobre o impacto da poda nos ramos da arnica (*Lychnophora ericoides*), foi identificado que os indivíduos são resistentes a podas de 25% dos ramos quando essa é feita entre os meses de março e agosto.

Objetivos do Estudo

Estudar a dinâmica de uma população de *Caryocar brasiliense*, usando um modelo de matriz. Especificamente, determinar a taxa de remoção de putâmens pela fauna, a taxa de crescimento dos indivíduos, a fecundidade, a taxa de germinação, e a sobrevivência de plântulas, jovens e adultos em uma população natural não sujeita a exploração. Finalmente, integrar no modelo de matriz todas essas informações obtidas, de modo a determinar as conseqüências dos diferentes níveis de exploração na capacidade da população se manter, assim como os possíveis impactos na fauna que utiliza os frutos de *Caryocar brasiliense*, através quantificação de frutos utilizados por ela. E em funções de todas essas análises fazer recomendações sobre qual a proporção de frutos de *Caryocar brasiliense* que podem ser explorados, sem por em risco a sobrevivência futura da população e minimizando o impacto sobre a fauna que utiliza esse recurso.

Espécie Estudada

Caryocar brasiliense (Caryocaraceae), conhecido popularmente como pequi, é uma árvore, que atinge entre 5 e 6 metros de altura, apresenta porte arbóreo e ampla distribuição (Figura 1) nos cerrados brasileiros, ocorrendo nos estados do Pará, Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (Prance & Silva 1973).

Na sua distribuição geográfica, está presente nas fitofisionomias cerradão e cerrado *stricto sensu* (Santos *et al.* 2004). A sua densidade pode variar desde 36 plantas ha⁻¹ até 147,5 plantas ha⁻¹,

dependendo do tipo do solo (Santana & Naves 2003). A população apresenta distribuição espacial dos indivíduos do tipo agrupado (Hay *et al.* 2000).

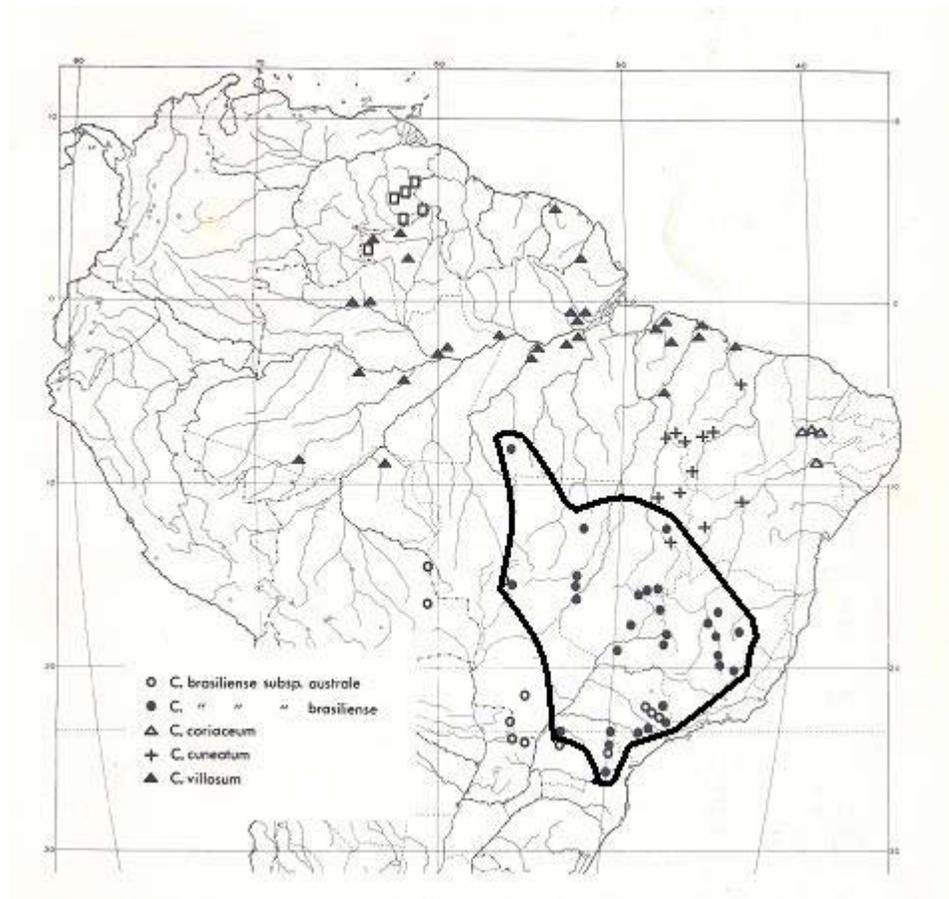


Figura 1: Distribuição geográfica de *Caryocar brasiliense* no Brasil (modificado de Prance & Silva 1973).

A sua reprodução se inicia a partir dos 8 anos de idade (Leite *et al.* 2006). O diâmetro mínimo do caule dos indivíduos reprodutivos é de aproximadamente 10 cm, mas já se encontraram plantas de até 3,5 cm de diâmetro frutificando (Santana & Naves 2003). A floração se inicia no período de Julho a Setembro, ocorrendo depois da queda das folhas velhas e a produção de novos brotos (Leite *et al.* 2006). A frutificação é iniciada entre os meses de Setembro e Outubro, sendo que a maturação ocorre, em média, de três a quatro meses depois da abertura floral (Gribel 1986, Leite *et al.* 2006). A produção de frutos por planta varia de 1 a 300, mais freqüentemente entre 1 e 100

frutos por planta (Santana & Naves 2003). Um dos fatores que podem explicar essa pequena produtividade é a baixa razão de frutos formados a partir de flores, sendo a média dessa razão em torno de 3% a 8% das flores produzidas (Gribel & Hay 1993, Baumgarten 1994).

Na Figura 2 são mostradas as interações de *Caryocar brasiliense* com outros organismos do cerrado. Os botões florais possuem nectários extra florais (NEF) que atraem formigas, e essas ajudam a protegê-los contra ataques de herbívoros (Oliveira & Freitas 2004), o que pode influenciar na produção de frutos. A polinização é feita principalmente por morcegos glossofagíneos, como *Glossophaga soricina* e *Anoura geoffroyi*, mas outras espécies de morcegos e mariposas de prodóscoide curta podem atuar como polinizadores ocasionais (Gribel & Hay 1993). A dispersão de sementes é pouco conhecida, sendo os prováveis dispersores animais de grande porte. Foram observados uma anta (*Tapirus terrestris*) e um veado mateiro (*Mazama americana*), atraídos por frutos de *Caryocar brasiliense* na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal (J. Hay, comunicação pessoal). Outros prováveis dispersores incluem a cotia (*Dasyprocta* sp.), o gambá (*Didelphis albiventris*), a gralha-de-topete (*Cyanocorax cristatellus*) e a ema (*Rhea americana*) (Gribel 1986, Leite *et al.* 2006).

As sementes são predadas por larvas de lepidópteros *Carmenta* sp. (Lopes *et al.* 2003) e *Synanthedon* sp. (Gribel 1986), que se desenvolvem dentro dos frutos se alimentando das reservas nutritivas do embrião. A taxa de predação das sementes por *Carmenta* sp. variou de 25,8% a 70,0%, enquanto que por *Synanthedon* sp. foi de 13,5%.

Os frutos de *Caryocar brasiliense* são drupas de até 8 cm de diâmetro (Silva Júnior 2005), e o peso varia entre 30g e 400g de acordo com o número de sementes presentes (1-4 sementes por fruto) (Gribel & Hay 1993). Cada semente é envolvida por um endocarpo lenhoso com espinhos e pelo mesocarpo interno, que é uma polpa amarela de forte aroma (Araújo 1995, Santos *et al.* 2004),

conjunto que é denominado de putâmen, sendo essa a principal unidade dispersora das sementes. No entanto já foram registrados putâmens sem a ocorrência dos espinhos (Kerr *et al.* 2007).

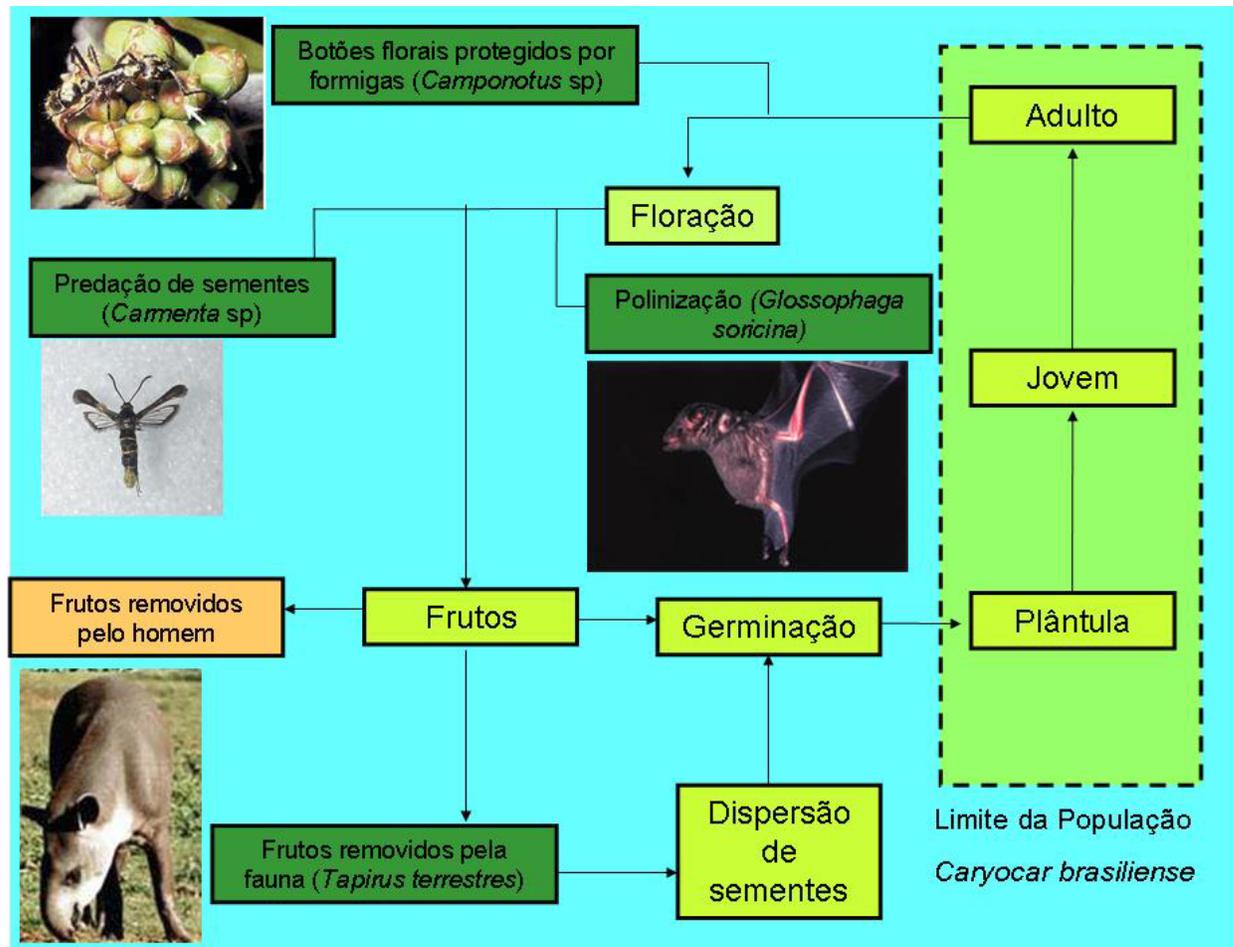


Figura 2: Diagrama esquemático mostrando as transições entre os vários estágios de vida de *Caryocar brasiliense* (plântula, jovem e adulto), assim como os processos associados (floração, dispersão de sementes e germinação). Ainda, são mostradas algumas interações possíveis entre outros organismos e esses processos: os botões florais são protegidos por formigas do gênero *Camponotus* sp; a polinização é feita por morcegos da espécie *Glossophaga soricina*; os frutos em desenvolvimento são predados por larvas de lepidópteros do gênero *Carmenta* sp; os frutos são consumidos pela fauna (ex. *Tapirus terrestres*), sendo que podem atuar como possíveis dispersores das sementes; e os frutos ainda são removidos pelo homem.

Existem poucos estudos sobre a taxa de germinação de sementes do pequi em condições naturais. Esses estudos mostraram que a germinação ocorre depois de 11 a 12 meses, com taxas de germinação variando de aproximadamente 16% a 46% (Heringer 1970, este estudo). Após a germinação, as plântulas em condições naturais produzem um ramo lateral anual que cresce desenvolvendo folhas e morre depois de um ano. Esse desenvolvimento foi observado em Paraopeba, Minas Gerais, onde foram observadas plântulas com apenas 24 cm de altura depois de 5 anos após o plantio (Labouriau *et al.* 1964). Entretanto, outro estudo em Paraopeba mostrou que sementes irrigadas regularmente podem apresentar até 50% de germinação (Rizzini 1965). Nesse estudo, depois de 10 meses, as plântulas alcançaram 40 cm de altura. Sem irrigação, plântulas de 11 meses tiveram apenas entre 3,6 e 11 cm de altura (esse estudo). Isso indica que a água pode ser um fator limitante tanto para a germinação como para o crescimento das plântulas dessa espécie.

Caryocar brasiliense é uma das principais frutíferas do cerrado e possui vários usos econômicos. O putâmen é usado na alimentação, geralmente cozido com arroz e/ou frango. Ele é usado na alimentação, principalmente pelo aroma e pelo conteúdo de óleo do mesocarpo, mas representa também um importante complemento nutricional rico em minerais e vitaminas, especialmente as vitaminas A, C e B2 (Araújo 1995). A polpa é usada também para a obtenção do óleo, assim como no preparo de doces (Araújo 1995, Pozo *et al.* 1997, Santos *et al.* 2004). Os usos industriais incluem a fabricação de cosméticos e a produção de licores (Araújo 1995, Pozo *et al.* 1997).

Os frutos de *Caryocar brasiliense* são obtidos através da coleta dos frutos maduros caídos sobre o solo abaixo da copa das árvores (R. Zardo, obs. pessoal), e são bastante explorados principalmente nos estados de Minas Gerais e Goiás (Wunder 1999). Na região norte de Minas Gerais, Pozo *et al.* (1997) estimaram que a receita do trabalhador rural com a venda do pequi no período de safra (dezembro de 1996 a janeiro de 1997) foi de R\$ 481,50, correspondendo a 40,7%

da renda anual. No mesmo período, também foi estimado que a comercialização do pequi representou 17,7% da renda total obtida pelo produtor familiar. No estado de Goiás, Oliveira (2006) cita que a receita obtida com a venda do pequi corresponde de 2% a 80% da renda do agricultor familiar, e os frutos são obtidos principalmente em áreas de pastagens (pastagens arborizadas).

A principal forma de venda do pequi é o fruto descascado, ou seja, só os putâmens, sendo que o preço varia de R\$ 1,00 a R\$ 3,00 o litro, aproximadamente R\$ 2,00 reais o quilograma. A produção brasileira de frutos de *Caryocar brasiliense* aumentou gradualmente nos últimos 5 anos (Figura 3), chegando a uma produção de 9,6 mil toneladas de frutos, correspondendo a um valor de R\$ 1.996 mil reais em 2006 (valores de economia formal).

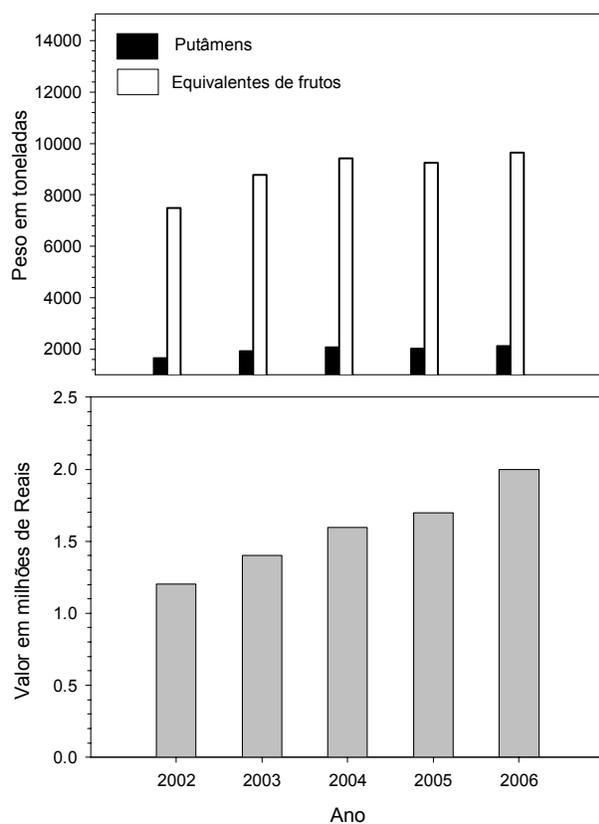


Figura 3: Produção extrativa (toneladas) e o valor comercializado (milhões de reais) de frutos de *Caryocar brasiliense* na região do cerrado. Fonte: IBGE (2003, 2004, 2005, 2006 e 2007).

MATERIAL E MÉTODO

Áreas de Estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de cerrado do Distrito Federal no Brasil central (Figura 4). A primeira foi a Fazenda Água Limpa (FAL) com uma área de aproximadamente 4.000 ha, localizada a 25 km sudoeste de Brasília (15°56'S 47°54'W). O clima da região apresenta duas estações bem definidas: a estação seca ocorre de maio a agosto, quando a precipitação é menor que 10% do total anual e a estação chuvosa ocorre de setembro a abril. A temperatura média é de 21,9°C e a precipitação média anual é de 1534mm. Essa área vem sendo preservada a mais de trinta anos. Foi na FAL que fizemos a amostragem populacional e obtivemos os dados de produção de frutos, crescimento diamétrico, sobrevivência e germinação.



Figura 4: Localização das duas áreas de estudo no Distrito Federal.

A segunda área utilizada foi o Parque Nacional de Brasília (PNB), com uma área de 30.000 ha e localizado a 15 km noroeste de Brasília (15°35'S 48°05'W). A área apresenta uma temperatura média anual de 20 °C e a precipitação média anual de 1750 mm. O PNB vem sendo preservado desde a criação do parque, em 1961. Nesse parque que observamos a taxa de remoção de putâmens. Isso porque o PNB possui uma fauna bem mais conservada que a FAL.

Os dados de precipitação durante o período de estudo são apresentados na Figura 5. Baseado nesses dados de Brasília observa-se que no ano de 2006 a precipitação foi maior (1391 mm) que a no ano de 2007 (1185mm) (INMET).

As coletas de dados e os experimentos foram conduzidos em ambas às áreas ocupadas com vegetação de cerrado *stricto sensu*. Esse é o tipo dominante de vegetação das áreas, mas podemos encontrar outros tipos de vegetação como o campo sujo e mata de galeria. Escolhemos áreas com alta densidade de *Caryocar brasiliense* para facilitar a amostragem de vários indivíduos. Essas áreas de preservação foram escolhidas por serem pouco perturbadas e por não estarem sendo manejadas para a extração de frutos de pequi, o que poderia alterar a estrutura populacional e os parâmetros populacionais.

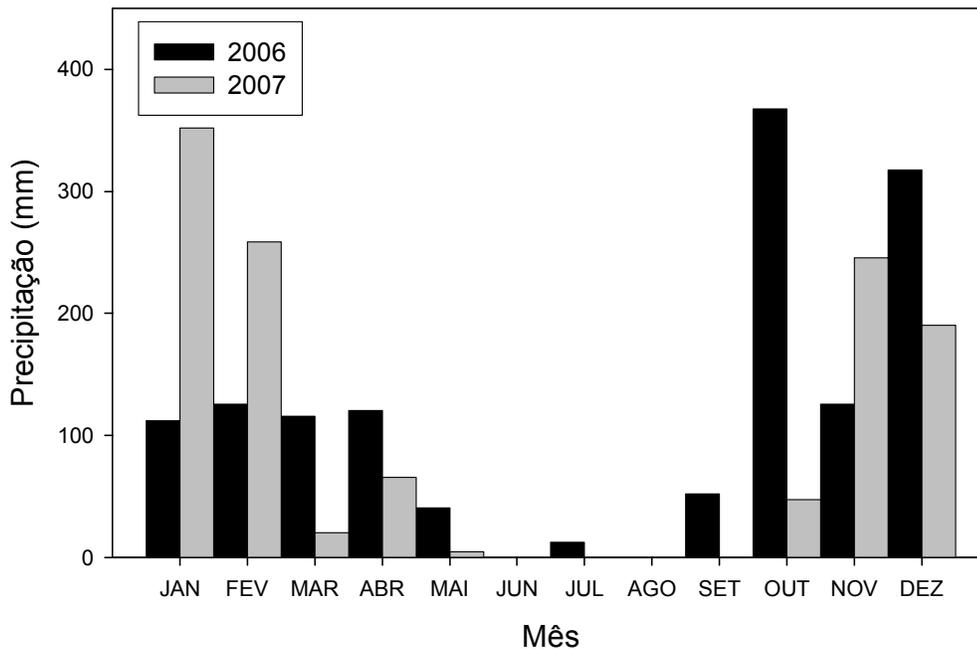


Figura 5: Precipitação mensal (mm) de Brasília nos dois anos desse estudo. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Amostragem da População

Para o levantamento dos indivíduos da população, em 24/11/2006 foram delimitados 16 quadrados adjacentes de 25 x 25 m cada, totalizando um hectare na FAL. Uma segunda área, adjacente a primeira, foi amostrada em 15/02/2007, totalizando uma área total de dois hectares. Todos os indivíduos de *Caryocar brasiliense* de qualquer tamanho foram identificados, marcados com etiquetas de alumínio e sua circunferência basal foi medida na superfície do solo. No caso de indivíduos muito próximos (menor que 30 cm de distância) e que não foi possível determinar se eram indivíduos diferentes, esses foram considerados como um único indivíduo e assim a maior circunferência foi considerada. Um segundo levantamento foi realizado em 27/11/2007, para o primeiro hectare e em 15/02/2008, para o segundo hectare. Foi registrado para as plantas em reprodução do primeiro hectare o número de frutos por indivíduo.

Incremento Diamétrico Anual (IDA)

O incremento foi estimado pela diferença nos diâmetros das plantas entre o segundo e o primeiro levantamento. Algumas plantas mostraram crescimento negativo, provavelmente por perda de casca e erro nas medidas. Para minimizar o efeito de erros grosseiros nos cálculos, os valores de incremento foram colocados em ordem crescente em um gráfico, sendo que os valores iguais e menores que $-2,0$ mm corresponderam a maior descontinuidade da curva, em relação a uma reta ajustada até os maiores valores de incremento. Essa descontinuidade indicou um limite abrupto no incremento, assim os valores iguais ou menores que $-2,0$ mm foram desconsiderados dessa análise, devido a essa descontinuidade poder estar relacionada a erros de medição.

Quando houve mais de um caule com o mesmo diâmetro, o incremento considerado foi à média dos incrementos desse tamanho. Uma regressão linear foi feita entre os valores de diâmetro basal (cm) obtidos no primeiro censo e o IDA (mm). A partir da equação da reta obtida, o valor da IDA para cada classe de tamanho foi calculado pelo intervalo médio das classes, correspondendo a 0,81 cm para plântulas (diâmetro $< 1,44$ cm), 4,38 cm para jovens ($1,44 - 7,32$ cm) e 25,45 cm para os adultos ($> 7,32$ cm).

Geminação Natural

Um experimento de germinação natural foi realizado na FAL. Ao longo de uma linha de 200 m de comprimento foram demarcados 40 quadrados de 50 x 50 cm, afastados 5 metros um do outro. Em 16/01/2007, para cada quadrado foram plantados 5 putâmens, sendo um deles no centro e os demais em cada um dos quatro vértices do quadrado, a 5 cm de profundidade de modo a dificultar a remoção dos putâmens pela fauna. Oitenta e cinco putâmens foram obtidos na área de estudo, e o restante (115 putâmens) foi comprado na feira da cidade de Sobradinho, Distrito Federal. Isso foi necessário devido à área de estudo apresentar pequena quantidade de frutos neste ano. O transecto

foi percorrido mensalmente, de modo a observar a emergência de plântulas, até o dia 11/02/2008. Nos primeiros meses, 39 putâmens (19,5%) foram escavados e removidos pela fauna local. A taxa de germinação foi calculada descontando os putâmens removidos pela fauna.

Sobrevivência Anual

A sobrevivência foi calculada para três classes de tamanho de plantas: plântulas (< 1,44 cm), jovens (1,44 – 7,32 cm) e adultos (> 7,32 cm). A sobrevivência de plântulas foi estimada pela proporção do número de plantas do primeiro levantamento, presente no segundo levantamento. Para as classes de jovens e adultos, a sobrevivência foi estimada usando a seguinte equação, que descreve a taxa de mortalidade de plantas de cerrado em função do diâmetro (Henriques & Hoffmann, submetido):

$$Mortalidade_anual(\%) = \frac{2,455}{1 + e^{\frac{x-139,881}{-58,644}}}$$

onde x é o diâmetro basal (mm). Foram calculadas as taxas de sobrevivência para o intervalo médio das classes de jovens e adultos.

Remoção Natural de Putâmens

A taxa de remoção pela fauna de putâmens foi determinada pela observação da redução do seu número em uma área natural de cerrado. Os putâmens foram colocados a intervalos de 10 m de distância ao longo de 200 m. Em cada ponto foram dispostos 10 putâmens sobre o solo. O estudo teve início no dia 28/12/2006 às sete horas da manhã. Os pontos foram visitados de modo a acompanhar taxa de remoção de putâmens da seguinte maneira: 1 hora, 3, 6, 12, 1 dia, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 57, 87, 117, 147, 207 e 262. Os putâmens distantes além de 30 cm do ponto foram

considerados removidos. No final dos 262 dias de observação, a quantidade de putâmens removidos foi expressa como à proporção do número inicial.

Construção do Modelo de Matriz

A população de estudo foi dividida em 3 estágios, baseados no diâmetro na superfície do solo: menor que 1,44 cm (plântulas), entre 1,44 cm e 7,32 (jovens), e acima de 7,32 cm (adultos). A delimitação das classes foi baseada em critérios biológicos que maximizassem diferenças nas taxas demográficas entre as categorias. Por exemplo, o limite de tamanho para plântulas foi escolhido de modo a incluir plantas que apresentavam altura igual ou inferior a altura do estrato gramíneo – herbáceo (0,5 m). O limite inferior para os adultos foi determinado de modo a incluir a menor planta em reprodução na população.

O modelo de matriz foi baseado em estágios de vida da população (Caswell 1989). O modelo de matriz é construído a partir dos parâmetros populacionais de fecundidade (F), sobrevivência com permanência na mesma classe (M) e sobrevivência com passagem de classe (P) de cada uma das classes diamétricas. O valor de F é igual ao produto da proporção de fêmeas na população (nesse caso é um, pois essa espécie é hermafrodita) x a proporção de indivíduos que entram em reprodução (obtida no primeiro censo) x a quantidade média de putâmens produzidos por indivíduo (número médio de frutos por indivíduo x o número médio de putâmens por fruto) x a taxa de germinação natural. Os dados de frutificação considerados para a construção da matriz foram os obtidos no ano de 2006, devido à coleta dos dados de incremento, sobrevivência e remoção de putâmens ter sido iniciada nesse ano. Os valores de P e de M foram calculados segundo Zuidema & Boot (2002). O valor de P é o produto entre a probabilidade de sobrevivência anual e a taxa de incremento (IDA mm/ano), dividido pela amplitude da classe (mm). Enquanto o M é a diferença entre a sobrevivência

anual e o valor de P. Na Figura 6 é mostrado um diagrama esquemático das transições dos diferentes estágios de vida usado nesse estudo.

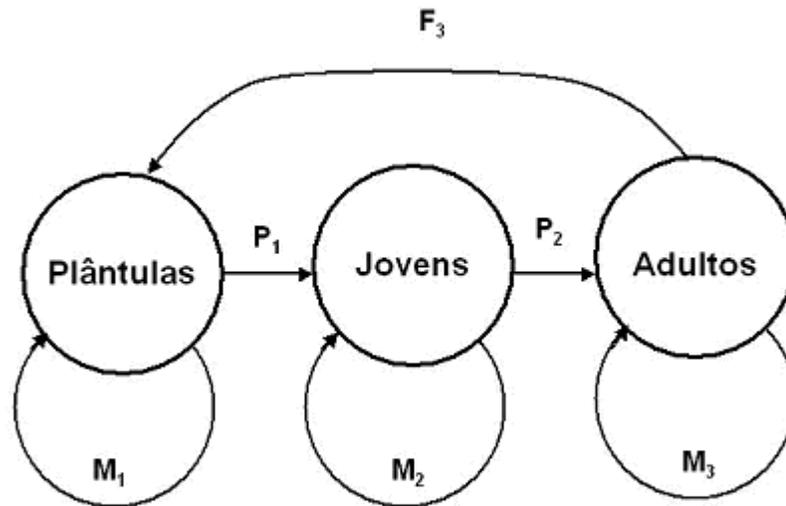


Figura 6: Diagrama esquemático do modelo de estágios de vida de *Caryocar brasiliense*. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe.

Para utilizar o modelo de matriz os valores de F, de M e de P de cada classe são ordenados em uma matriz quadrada (A), chamada de matriz de transição (Caswell, 1989). Por exemplo:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

Nesse exemplo, cada elemento a_{ij} representa a contribuição dos indivíduos da classe j para os indivíduos da classe i através da passagem de um período de tempo. Assim, a_{11} representa a contribuição dos indivíduos da primeira classe para a manutenção de indivíduos na primeira classe, ou seja, é o valor de M da primeira classe. Logo, tomando como base o desenho do ciclo de vida da nossa espécie, temos a seguinte matriz de transição:

$$A = \begin{pmatrix} M_1 & 0 & F_3 \\ P_1 & M_2 & 0 \\ 0 & P_2 & M_3 \end{pmatrix}$$

A estrutura de população pode ser representada por um vetor, sendo cada linha o número de indivíduos em cada classe:

$$N = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix}$$

Mudanças nessa população inicial durante um período de tempo (p. e. um ano) podem ser simuladas multiplicando a matriz A pelo vetor N_0 , ou seja, $N_1 = A \times N_0$ e assim sucessivamente. Então temos a equação $N_t = A^t \times N_0$, que simula como será a população após a passagem de t períodos de tempo.

Aumentando o período t , o vetor populacional resultante se aproxima cada vez mais de uma distribuição onde a proporção dos indivíduos ficam estáveis, ou seja, a proporção de indivíduos em cada classe não muda com os acréscimos de t . Após chegar a essa distribuição, a taxa constante de crescimento (λ) pode ser obtida dividindo o vetor N_{t+1} por N_t . O λ também é o valor característico dominante da matriz A (Caswell, 1989), também conhecido como taxa de crescimento populacional.

Além do λ , a partir da matriz de transição é possível fazer análises de elasticidade (Caswell, 1989). A elasticidade de cada elemento da matriz pode ser interpretada como a contribuição proporcional desse elemento para o λ . Sendo assim podemos descobrir qual classe de tamanho ou qual parâmetro populacional é mais importante para a manutenção da população estudada. Ela é definida pela derivada parcial do elemento ∂a_{ij} em relação a λ , como segue (Kroon *et al.* 1986):

$$e_{ij} = \partial \ln \lambda / \partial \ln a_{ij} = (a_{ij} / \lambda) \cdot (\partial \lambda / \partial a_{ij})$$

onde $\partial \lambda / \partial a_{ij}$ é a sensibilidade de λ a variação do elemento a_{ij} da matriz, mantendo todos os outros elementos da matriz constante. A soma da elasticidade de todos os elementos da matriz é igual a um, para modelos de matrizes simples (Kroon *et al.* 1986).

Para calcular o λ a partir da matriz de transição, assim como para obter a elasticidade de todos os elementos da matriz e as simulações no modelo de matriz, utilizamos o programa PopTools versão 2.7 de 2006 (<http://www.cse.csiro.au/poptools/> acessado em 3 de outubro de 2007).

Análise de Sustentabilidade

Com a dinâmica da população de *Caryocar brasiliense* modelada através de matriz, podemos simular quanto da produção total de frutos da população de uma área (PTF) podem ser explorados através do extrativismo, sem que a população decresça ($\lambda \geq 1$). Para que essa prática não crie um impacto na fauna nativa dependente desse recurso, deve ser descontado dessa estimativa, à parte de frutos consumidos pela fauna (CF) em condições naturais. A proporção total de frutos que pode ser explorada através do extrativismo (PFE) pode ser calculada pela relação:

$$PFE = (PTF - CF) / PTF$$

o valor CF pode ser estimado convertendo a proporção de putâmens removidos pela fauna em condições naturais (experimento de remoção de putâmens, veja acima), em equivalentes de frutos (= número de putâmens/1,31; onde 1,31 é o número médio de putâmens por fruto, este estudo, veja resultados).

Para determinar o valor máximo que pode ser explorado (PFE_m), foram simulados valores crescentes de remoção variando de 0% a 100% de remoção, para determinar o impacto na taxa de crescimento futuro da população (λ). O valor máximo de frutos que pode ser explorado pelo extrativismo pode ser calculado pela relação:

$$PFE_m = (PFE \text{ (para } \lambda = 1))$$

RESULTADOS

Estrutura da População

No primeiro hectare encontramos 213 indivíduos e no segundo 154 indivíduos, resultando em uma população inicial total de 367 indivíduos nos dois hectares (184 indivíduos ha^{-1}). Apesar da diferença no número de indivíduos entre os dois hectares, a proporção de indivíduos nas classes de tamanho foi semelhante para o primeiro e o segundo hectare amostrado (Figura 7) ($\chi^2 = 0,011$; $gl = 3$; $p > 0,05$, para plântulas; $\chi^2 = 0,002$; $gl = 3$; $p > 0,05$, para jovens; e $\chi^2 = 0,028$ e $gl = 3$; $p > 0,05$, para adultos). Isso indica uma certa homogeneidade espacial na distribuição da população.

A maior parte da população foi representada por plântulas (45,8%), seguida de jovens (27,8%) e adultos (26,4%) (Figura 7). A densidade total de plântulas foi de 84 indivíduos ha^{-1} , 51 indivíduos ha^{-1} de jovens e 49 indivíduos ha^{-1} adultos.

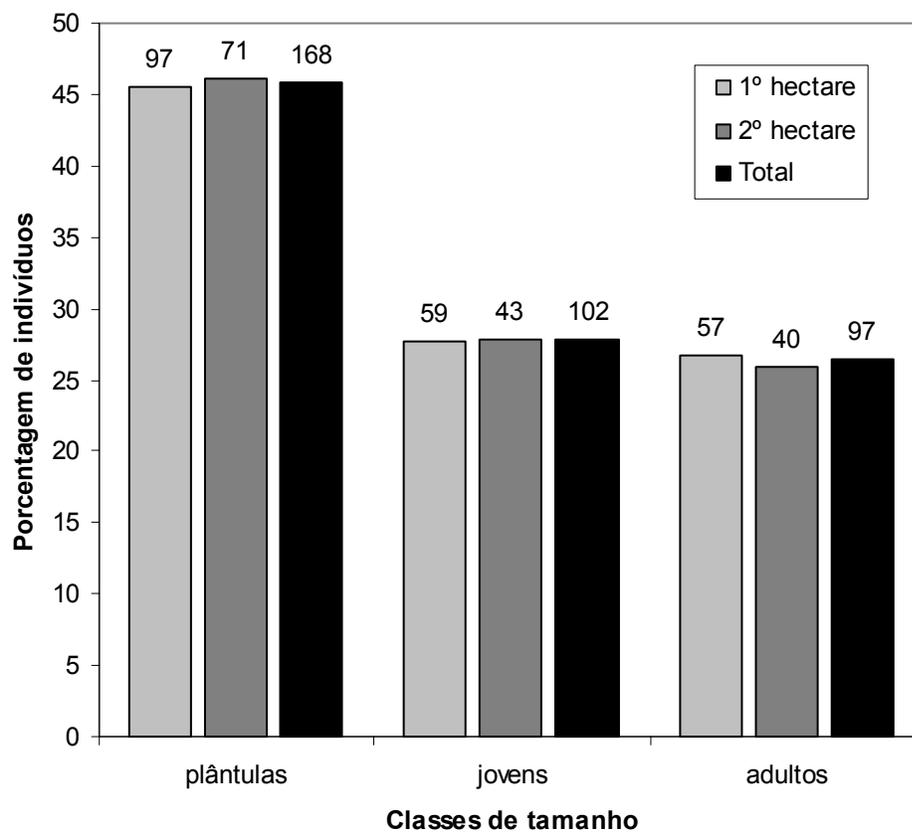


Figura 7. Distribuição do número de indivíduos de *Caryocar brasiliense* nas três classes de tamanho, para o primeiro e o segundo hectare amostrado, assim como o valor total. O número acima das barras representa o número de indivíduos em cada classe. Classes de tamanho: plântulas (< 1,44 cm); jovens (1,44 cm – 7,32 cm); e adultos (> 7,32 cm).

Incremento Diamétrico Anual (IDA)

A taxa de incremento diamétrico é mostrada na Figura 8. A regressão linear resultante foi significativa ($r^2 = 0,18$; $F = 32,67$; $p < 0,0001$) (Figura 8). A taxa de incremento aumentou com o tamanho da planta, mas apresentando uma maior variação nas plantas maiores. Na comparação das taxas de crescimento entre as três classes de tamanho, apenas os adultos tiveram um valor significativamente maior em relação aos jovens e as plântulas (ANOVA, $F = 12,61$; $p < 0,0001$; teste de TUKEY; $p < 0,01$), enquanto entre jovens e plântulas não houve diferenças significativas.

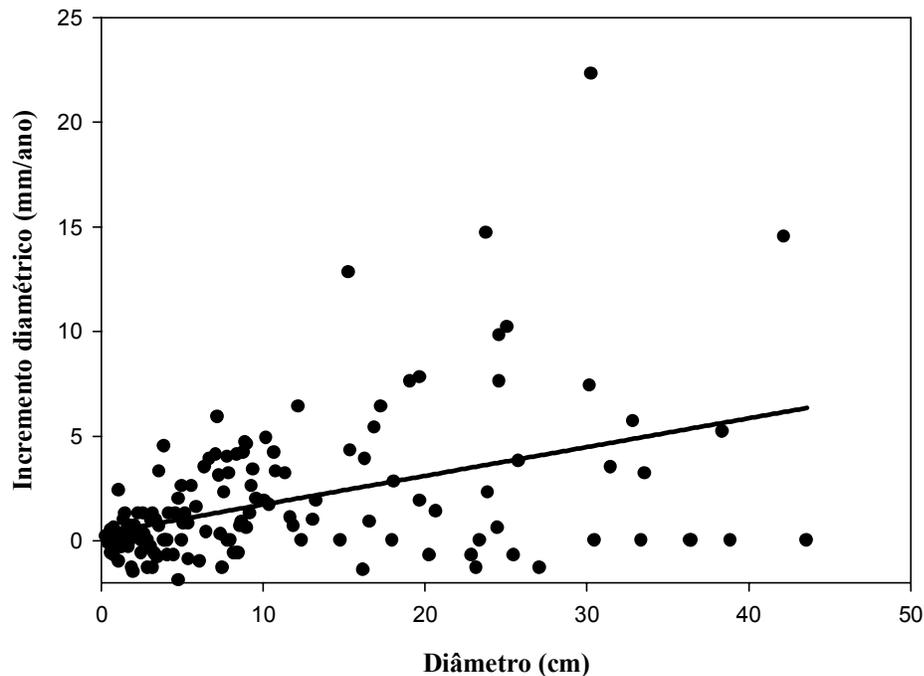


Figura 8: Regressão linear entre o diâmetro basal (cm) e o incremento diamétrico (mm/ano) para *Caryocar brasiliense* ($y = 0,368 + 0,138x$; $r^2 = 0,18$; $N = 290$).

Produção de Frutos

O número de indivíduos que produziram frutos foi de 41 em 2006, correspondendo a 74,6 % dos indivíduos adultos, enquanto que no ano de 2007, houve uma diminuição de 34% no número de indivíduos com frutos, ou seja, apenas 27 indivíduos (48,2 %) frutificaram e essa diferença foi significativa ($\chi^2 = 8,093$; $gl = 3$; $p = 0,044$). O número de frutos por indivíduo variou de 1 a 117 em 2006 e de 1 a 30 em 2007. O número médio de frutos produzidos por indivíduo adulto foi maior em 2006 (24 ± 30 , $N = 41$) e diminuiu em 2007 (11 ± 13 , $N = 27$), essa diferença foi significativa (Teste de Wilcoxon, $T = 128$; $p < 0,0001$). A produção total de frutos em 2006 foi de 1004 frutos/ha equivalendo a 72,9 kg/ha, e no segundo ano, em 2007, de 299 frutos/ha (21,7 kg/ha).

Houve uma relação positiva significativa entre o diâmetro basal e a quantidade de frutos produzida por indivíduo, nos dois anos de observação (Figura 9).

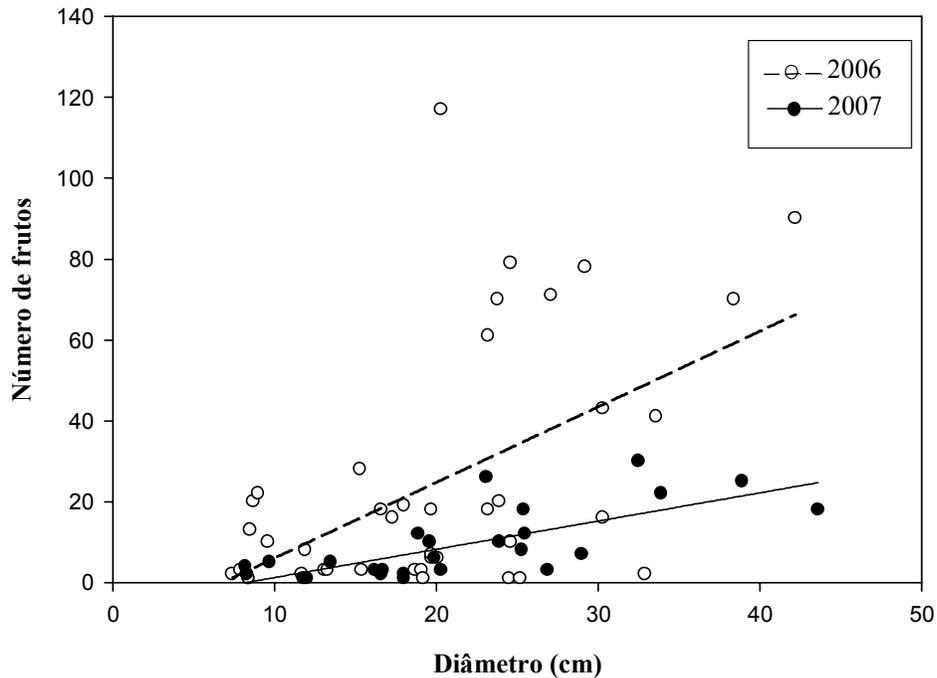


Figura 9: Número de frutos por indivíduo em função do diâmetro basal (cm) de plantas adultas de *Caryocar brasiliense* nos anos de 2006 ($y = -12,66 + 1,871x$; $r^2 = 0,29$; $F = 16,19$; $p < 0,001$) e de 2007 ($y = -5,725 + 0,698x$; $r^2 = 0,53$; $F = 27,16$; $p < 0,0001$).

O peso fresco médio dos frutos variou de 30,3 g a 122,5 g, sendo o valor médio de $72,6 \text{ g} \pm 20,4 \text{ g}$ ($N = 54$) (Figura 10). O número de putâmens por fruto variou de 1 – 4 e a média foi de $1,3 \pm 0,6$ ($N = 88$). O peso fresco médio dos putâmens variou de 5,18 g até 17,69 g (Figura 11), com um valor médio de $11,8 \pm 2,9 \text{ g}$ ($N = 67$), sendo que os frutos com maior número de putâmens foram mais raros (Figura 12).

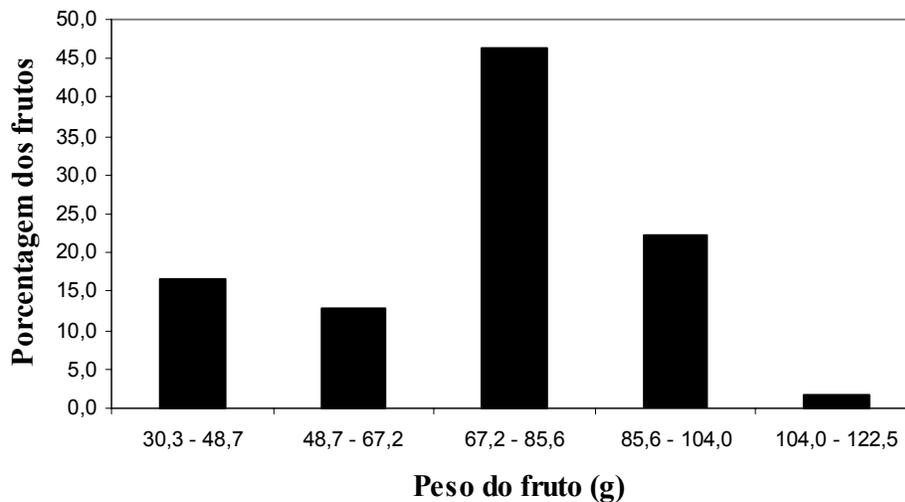


Figura 10: Distribuição do número de frutos de *Caryocar brasiliense* de acordo com o peso fresco dos frutos (g).

Germinação Natural

A germinação foi lenta, com as primeiras plântulas aparecendo no dia 21/12/2007, ou seja, aproximadamente 11 meses depois. Um total de nove sementes provenientes da área de estudo germinou, resultando em uma taxa de germinação de 13,04%, enquanto das sementes obtidas na feira de Sobradinho, 16 germinaram, sendo a taxa de germinação de 17,39%. Devido à diferença não significativa entre essas taxas ($\chi^2 = 0,559$; gl = 3; $p > 0,05$), os dados de germinação foram agrupados, resultando em uma taxa de germinação de 15,53%.

Sobrevivência Anual

No primeiro hectare, sete plântulas morreram, enquanto que no segundo hectare apenas uma plântula morreu, resultando num total de 8 plântulas mortas e em uma taxa de sobrevivência anual de plântulas de 0,927. Nenhum indivíduo jovem ou adulto morreu no período de observação.

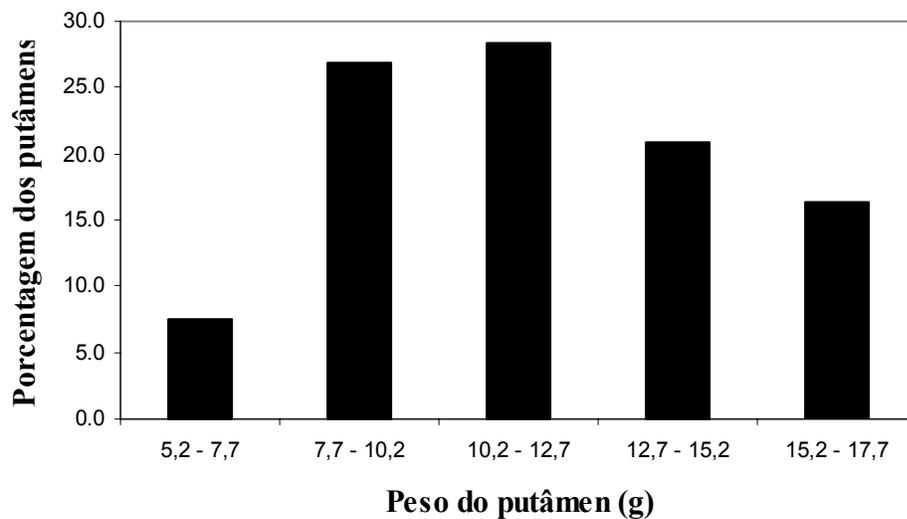


Figura 11: Distribuição do número de putâmens de *Caryocar brasiliense* de acordo com o peso fresco do putâmen (g).

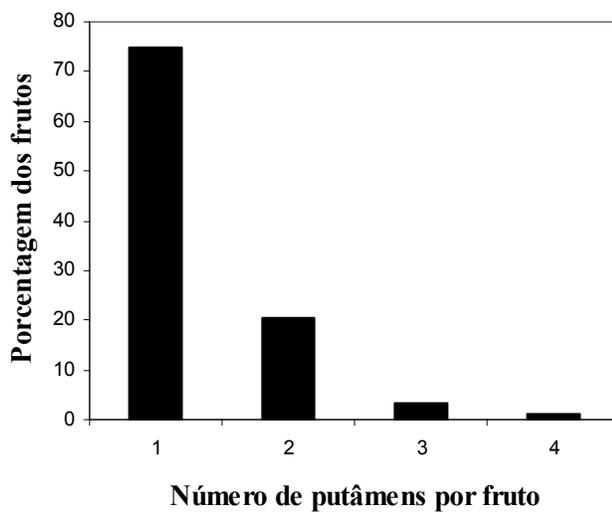


Figura 12: Distribuição do número de frutos de *Caryocar brasiliense* de acordo com o número de putâmens presentes por fruto.

Remoção Natural de Putâmens pela Fauna

A taxa acumulada de remoção de putâmens ao longo do período de estudo é mostrada na Figura 13. A taxa de remoção foi variável de acordo com o tempo e o espaço. O ponto que teve mais remoções teve 9 putâmens removidos, enquanto em dois pontos nenhum putâmen foi removido. Aproximadamente 29% dos putâmens foram removidos nos primeiros 14 dias do início do experimento. Nesse período foram observados putâmens espalhados e com sinais de raspagem na polpa em alguns pontos, sendo esses indícios de utilização por animais, provavelmente roedores. O máximo de remoção ocorreu às 72 horas do início do experimento (Figura 14). Depois do pico de remoções, as taxas de remoções decresceram até a última observação. No final das observações foram removidos $4,3 \pm 2,7$ putâmens por ponto (N=20), correspondendo a um total de 85 putâmens em todos os pontos reunidos, o que resulta em uma taxa de remoção de 42,5 %.

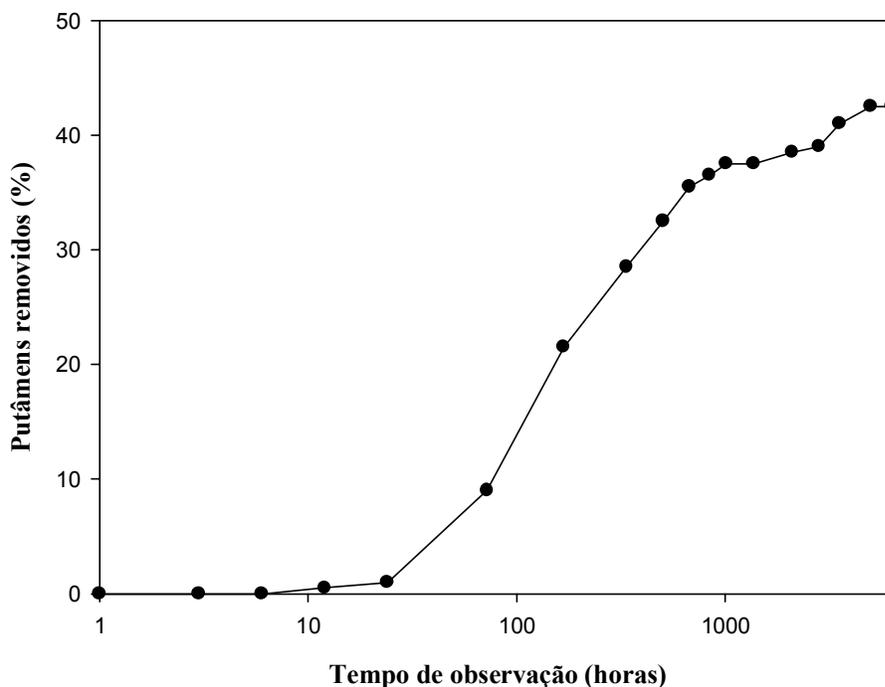


Figura 13: Porcentagem acumulada de putâmens de *Caryocar brasiliense* removidos ao longo do tempo, baseado na média das remoções nos 20 pontos. O eixo x (horas) está em escala logarítmica.

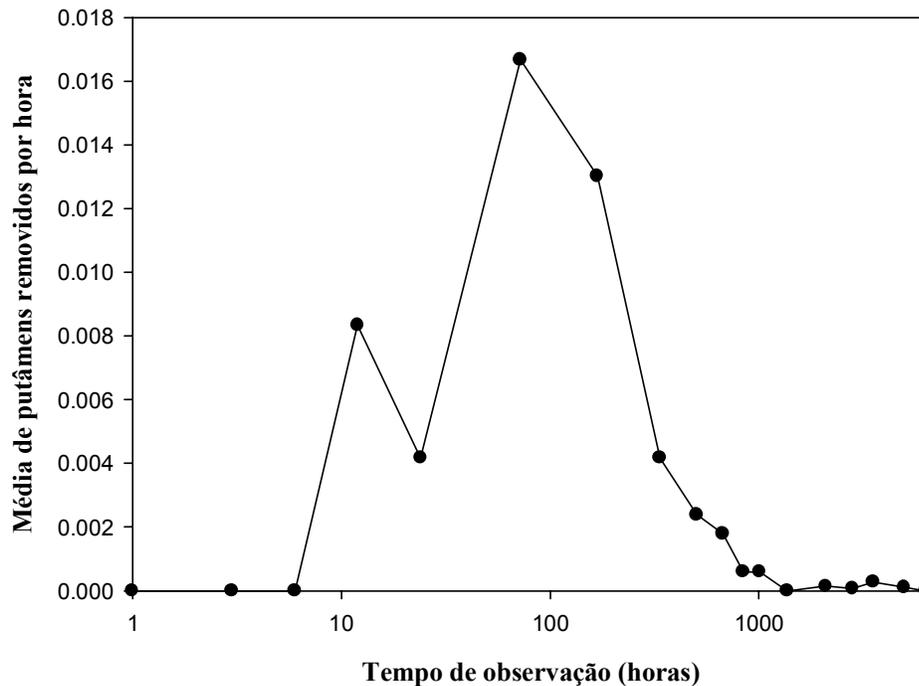


Figura 14: Número médio de putâmens de *Caryocar brasiliense* removidos por hora, nos 20 pontos, em cada intervalo de tempo entre as visitas. O eixo x (horas) está em escala logarítmica.

Modelo de Matriz para *Caryocar brasiliense*

Os dados necessários para a construção do modelo, incluindo os valores de F, M e P, são mostrados na Tabela 1. A partir desses valores obtivemos a seguinte matriz de transição:

$$\begin{pmatrix} 0,891 & 0 & 3,704 \\ 0,036 & 0,963 & 0 \\ 0 & 0,016 & 0,997 \end{pmatrix}$$

A taxa de crescimento da população (λ) foi de 1,09, ou seja, indica que a população estudada está em crescimento. A distribuição de tamanhos dos indivíduos na população obtida pela projeção

da matriz de transição até a distribuição estável foi de 74,4% de plântulas, 21,7% de jovens e 3,9% de adultos. Então, se a população estudada estivesse nessa distribuição ela teria 273 plântulas, 80 jovens e 14 adultos nos dois hectares reunidos. Quando comparamos a distribuição estável com a distribuição encontrada nos dois hectares, observa-se que o número de plântulas observado está abaixo e o número de jovens e adultos está acima do que seria esperado pela projeção do modelo de matriz. As duas distribuições diferiram significativamente no número de indivíduos para as plântulas e os adultos ($\chi^2 = 62,708$; $gl = 3$; $p < 0,0001$, para plântulas; e $\chi^2 = 72,166$; $gl = 3$; $p < 0,0001$, para adultos), enquanto foi similar para os jovens ($\chi^2 = 3,699$; $gl = 3$; $p > 0,05$).

A análise de elasticidade revelou que o parâmetro mais importante foi à sobrevivência com permanência na mesma classe (M) (Figura 15), sendo o valor de M da classe adulta correspondendo a quase 50% de contribuição ao valor de λ .

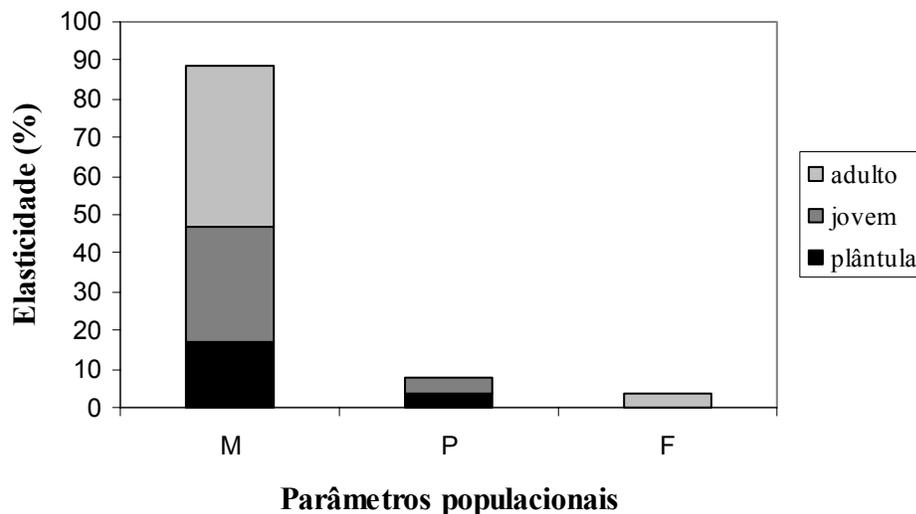


Figura 15: Contribuição proporcional de cada parâmetro à taxa de crescimento populacional (λ) de *Caryocar brasiliense*, separados para cada classe de tamanho. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe.

Tabela 1: Parâmetros populacionais de *Caryocar brasiliense* necessários para a construção do modelo de matriz. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe, P = sobrevivência com passagem de classe, e IDA = incremento diamétrico anual.

Classes de tamanho (cm)	Número de indivíduos	Taxa de sobrevivência	IDA (mm)	Proporção de indivíduos em reprodução*	Número putâmens/ indivíduo	Taxa de germinação	F	P	M
Plântulas (<1,44)	168	0,927	0,48	0	0	0,16	0	0,036	0,891
Jovens (1,44-7,32)	102	0,979	0,97	0	0	0,16	0	0,016	0,963
Adultos (> 7,32)	97	0,997	3,88	0,75	32	0,16	3,704	0 **	0,997

* foram considerados os valores de frutificação do primeiro censo (2006).

**o valor de P para adultos é 0 devido a esse ser a última classe, portanto não há como ele passar para uma classe superior.

Análise de Sustentabilidade

A simulação da coleta de frutos mostrou que a taxa de crescimento populacional foi maior que um ($\lambda > 1$) em quase todos os níveis de coleta, só sendo igual a um quando a coleta foi de 99% dos frutos (Figura 16). Isso implica que a população continua crescendo com valores próximos de 100% de exploração. Considerando que a proporção de putâmens removidos pela fauna foi de aproximadamente 0,43, a exploração máxima possível sem causar impacto na fauna seria de 57% da produção total. Aplicando esses valores ao primeiro hectare de 2006, que teve uma produção de 1004 frutos/ha ou 73 kg/ha, a proporção máxima de frutos a serem explorados de forma sustentável seria de 572 frutos/ha ou 41,6 kg/ha.

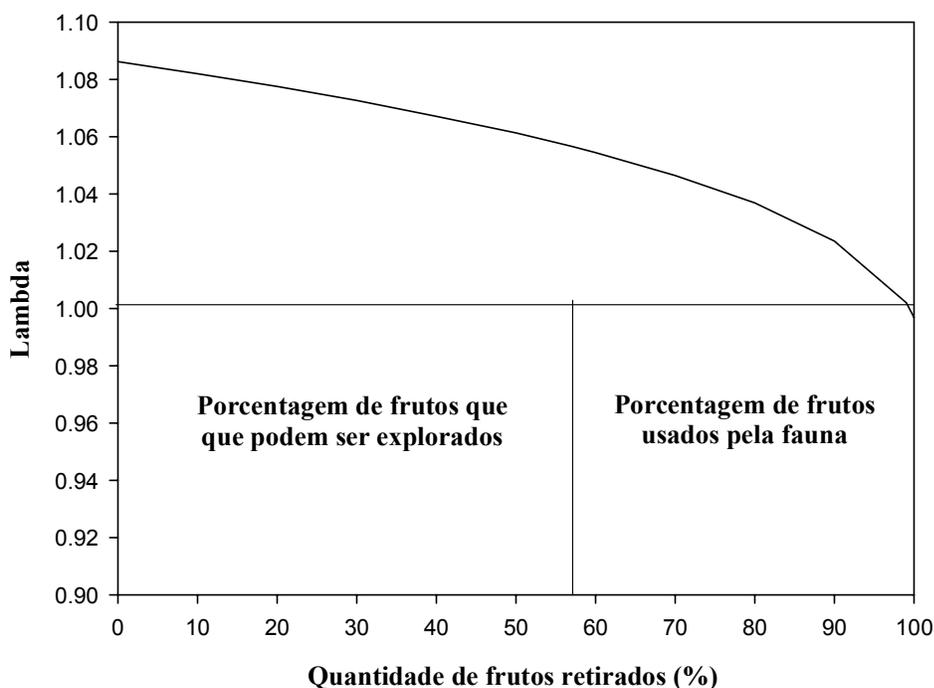


Figura 16: Curva simulando a influência da retirada de frutos de *Caryocar brasiliense* na taxa de crescimento constante (λ), considerando a produção média por indivíduo do ano de 2006.

A análise de elasticidade mostrou que a permanência no mesmo estágio (M) é o que mais contribui para o crescimento da população, diferentemente de P e F que contribuem muito pouco para o crescimento populacional (Figura 17). Esses parâmetros (M, P, F) variam muito pouco com o regime de exploração. A redução dos valores de P e F é compensada por aumentos na contribuição de M, ou seja, quanto maior a exploração, mais a população depende da sobrevivência de seus indivíduos, já que a entrada de novos indivíduos é reduzida pela exploração.

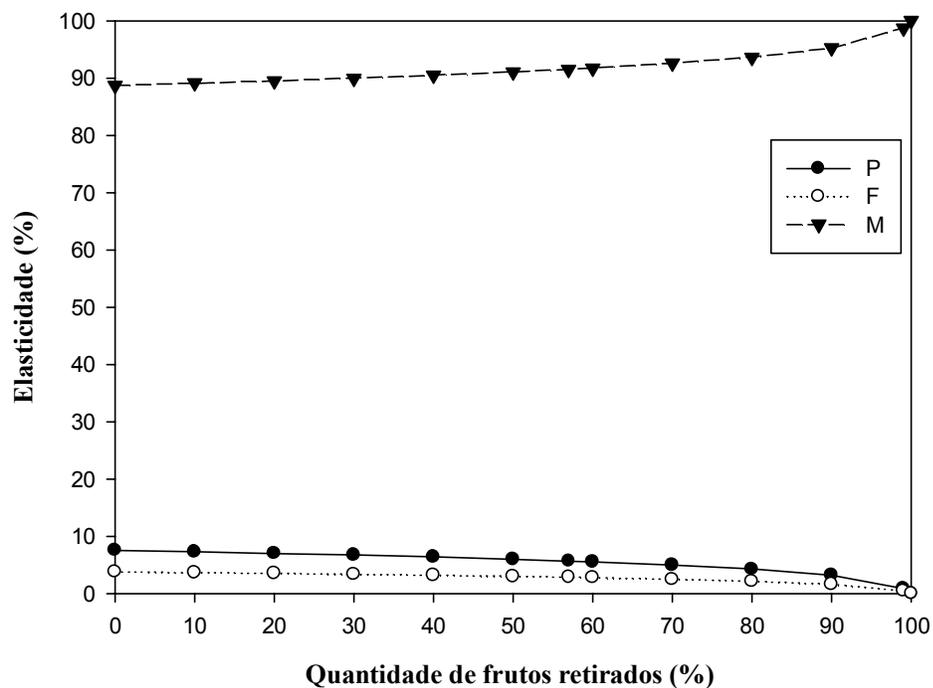


Figura 17: Contribuição proporcional de cada parâmetro na taxa de crescimento populacional constante (λ) de *Caryocar brasiliense*, para diferentes níveis de remoção de frutos. F = fecundidade, M = sobrevivência com permanência na mesma classe e P = sobrevivência com passagem de classe. A elasticidade para cada parâmetro foi somada para todas as classes de tamanho, dando um único valor para cada regime de exploração.

DISCUSSÃO

As áreas de estudo demonstraram ter uma alta densidade de *Caryocar brasiliense*, com uma média de 184 indivíduos ha^{-1} . Essa densidade foi superior ao valor máximo (147,5 ha^{-1}) para áreas de alta densidade de pequizeiros encontrados por Santana & Naves (2003), que estudaram várias áreas de cerrado com alta densidade de pequizeiros na região Sudeste do estado de Goiás. Porém eles somente consideraram as plantas com 10 cm ou mais de circunferência a 10 cm do solo, isso, em termos comparativos, equivaleria a retirar todos os indivíduos da classe plântula e alguns da classe jovem do nosso levantamento, o que corresponderia a menos de 100 indivíduos ha^{-1} .

A maior proporção de indivíduos da classe plântula indica que a população pode estar regenerando localmente, o que é uma indicação coerente com o fato de que essa população não está sofrendo exploração humana.

O incremento diamétrico anual (IDA) mostra que há um aumento no crescimento anual para indivíduos de maiores tamanhos (Figura 8). Isso pode estar relacionado com um maior acesso a recursos do solo, como a água, devido a esses indivíduos possuírem maiores raízes e ocuparem maior área do solo. Resultado semelhante foi encontrado por Henriques & Hay (2002), que observaram aumento na taxa de crescimento em indivíduos maiores. A influência da água no crescimento foi demonstrada para essa espécie por Labouriau *et al.* (1964). Eles observaram que sementes de *Caryocar brasiliense* plantadas em condições naturais e irrigadas regularmente, apresentaram, depois de 5 anos, altura de até 3 m enquanto que as não irrigadas alcançaram no máximo 24 cm de altura.

Os valores médios de incremento de cada classe são comparáveis aos valores encontrados para duas comunidades de lenhosas em fragmentos de cerrado *stricto sensu* no sul do estado do Maranhão, Brasil (Aquino *et al.* 2007) e para um cerrado *stricto sensu* protegido do fogo no Brasil central (Henriques & Hay 2002). Esses autores encontraram valores de incremento anual variando

de 1,3 mm a 1,7 mm. Esses baixos valores de incremento para espécies do cerrado foram relacionados aos solos pobres e a secas prolongadas.

A média de 24 frutos por indivíduo em 2006 ficou bem próxima do valor de 25 frutos por indivíduo encontrado por Santana & Naves (2003), mas a produção de 2007 (11 frutos) foi baixa e inferior ao valor encontrado por Gribel (1986), que registrou 17,1 frutos por indivíduo em cerrado da Fazenda Água Limpa. Baseado nos dados de Baumgartem (1994) foi possível estimar em 41 frutos/planta a produção na Reserva Ecológica de Águas Emendadas. A produção encontrada por Santana e Naves (2003) foi considerada baixa quando eles compararam com outros trabalhos de produção de frutos para a mesma espécie. Eles justificaram isso ao fato de que em levantamentos como os dele, que consideram para a média todos os indivíduos produtores de frutos, acabam englobando vários indivíduos de pequeno porte e conseqüentemente de baixa produção de frutos. De fato isso ocorre também no nosso trabalho, pois colocamos todos os indivíduos produtores de frutos na classe adulta. Além disso, não é comum encontrarmos indivíduos de pequeno porte frutificando, sendo assim isso também acaba reduzindo a proporção de adultos que estão em frutificação, como foi visto no ano de 2006 em que aproximadamente um quarto dos adultos não frutificou.

Foi observada uma diferença significativa na frutificação entre os dois anos de estudo. Diferenças na produção de frutos entre anos foram relatadas em outros estudos (Araújo 1995, Gribel & Hay 1993, Leite *et al.* 2006). Leite *et al.* (2006) obtiveram uma correlação positiva entre a produção de frutos e a precipitação total. Sendo assim um dos fatores que podem explicar essa diferença na frutificação é a precipitação. O ano de 2007 teve o período de seca bastante prolongado enquanto o de 2006 foi bem chuvoso. Isso é observado quando se compara a precipitação anual entre os anos, 1391 mm para 2006 e 1185 mm para 2007. Esses resultados junto com o de outros estudos sugerem que a disponibilidade de água influencia a taxa de germinação, crescimento de

plântulas, juvenis e possivelmente adultos (Labouriau *et al.* 1964, Rizzini 1965), além da produção de frutos.

Houve uma relação positiva e significativa entre o tamanho do indivíduo e a produção de frutos para os dois anos de estudo. Esse resultado também foi obtido por Santana e Naves (2003). Isso está relacionado também a plantas maiores terem mais acesso a recursos do solo, como foi dito anteriormente.

O peso médio dos frutos (72,63g) encontrado nesse trabalho foi similar ao peso de 61,38 - 72,99 g obtido por Barradas (1972) no interior do estado de São Paulo, e próximo aos 93,79 g encontrados na Estação Ecológica de Águas Emendadas – Distrito Federal (Bizerril *et al.* 2005). Porém esses valores de peso dos frutos foram inferiores aos 158,49 g encontrados por Leite *et al.* (2006) no norte do estado de Minas Gerais, Brasil. Isso sugere que há diferenças no tamanho e peso dos frutos de acordo com a região. O número médio 1,31 de putâmens por fruto foi similar aos encontrados em outros trabalhos (Barradas 1972, Gribel & Hay 1993). O peso médio dos putâmens (11,83g) também foi similar aos 11,2 g encontrados por Barradas (1972).

A taxa de germinação registrada nesse estudo (15,5 %) foi muito inferior aos 46% obtidos por Heringer (1970). O tempo para o início da germinação das sementes nesse estudo foi de 11 meses, em outro estudo foi registrado um tempo menor para a germinação iniciar (2 meses) (Rizzini 1965), mas esse resultado é comparável aos 12 meses obtidos por Heringer (1970). Porém deve ser levado em conta que Rizzini (1965) irrigou as sementes de modo a compensar os períodos de seca, diferentemente de Heringer (1970) e desse estudo. Assim, a demora na germinação encontrada nesse estudo e no de Heringer (1970), pode estar relacionado com a escassez de chuvas na estação seca, o que forçaria as sementes a germinarem somente com o início da estação chuvosa.

Experimentos com taxa de remoção de sementes indicam que a remoção delas é maior nas primeiras semanas de observação (Forget 1996, Nepstad *et al.* 1996). Isso foi observado também

nesse trabalho, e está relacionado com o fato dos putâmens serem mais atrativos, tanto pelo aroma como pela aparência, quando ainda estão frescos. Isso indica também que a maioria dos animais utiliza a polpa, que é mais atrativa nos primeiros dias, e não a castanha. Além disso, sementes que permanecem, sem serem dispersas, por muito tempo, são mais sujeitas às infestações por insetos e fungos (Forget 1996), o que diminui ainda mais sua atratividade.

A proporção total de putâmens removidos foi baixa (43%) quando comparadas com a remoção de sementes da maioria das espécies amostradas por Nepstad *et al.* (1996) na Floresta Amazônica. Eles registraram que após 200 dias de observação, 100% das sementes foram removidas, com exceção de duas espécies, que tiveram menos de 25% das sementes removidas. Os autores, então, relacionaram as diferenças nas taxas de remoções das sementes ao peso da semente, sendo que quanto maior o peso menor a taxa de remoção. Quando comparamos o peso dos putâmens com os dessas espécies de menor taxa de remoção, obtemos um peso similar. E, de fato, isso é esperado, pois quanto maior o peso, maior terá que ser o animal capaz de removê-la.

A sobrevivência das plântulas (0,927) foi alta e bem próxima dos maiores valores de sobrevivência de plântulas encontrados por Hoffmann (2000) para nove espécies de plantas do cerrado brasileiro que não foram submetidas ao fogo. Ele verificou que há uma relação positiva entre a sobrevivência e o peso da semente, assim espécies com sementes pesadas teriam maiores chances de sobreviver nos primeiros anos de vida. Foi sugerido pelo autor que isso ocorreria devido aos recursos estocados na semente permitirem um desenvolvimento mais rápido das plântulas, principalmente no desenvolvimento das raízes. Então, considerando o peso médio da semente do pequi de 1,51g (Barradas 1972) que é superior ao das outras espécies amostrados por Hoffmann (2000), o valor de sobrevivência encontrado pode ser explicado dessa forma.

A taxa de crescimento populacional ($\lambda=1,09$), obtida através da simulação com o modelo de matrizes, mostrou que a população se encontra em crescimento populacional. Esse resultado é

consistente com a regeneração observada pela estrutura populacional das classes de tamanho citado anteriormente. Esse valor de λ encontrado é comparável ao valor encontrado para outras espécies arbóreas do cerrado como *Myrsine guianensis* (1,10) e *Roupala montana* (1,05) (Hoffmann 1999).

A distribuição de indivíduos nas classes plântulas e adultos divergiu da distribuição de tamanhos estáveis predita pelo modelo. Isso porque o modelo prevê como será a população se as condições ambientais são mantidas constantes. Mas isso não acontece na prática, já que eventos de fogo acontecem na FAL apesar da prevenção de incêndios na área. Hoffmann (1999) identificou que o fogo aumenta muito a mortalidade de plântulas, enquanto que ele causa pouca mortalidade nos indivíduos maiores. Então é possível que a proporção de plântulas na área de estudo tenha sido reduzida devido a esses eventos de fogo presentes, enquanto a proporção de adultos tenha se mantido maior devido a sua resiliência ao fogo.

A análise de elasticidade (Figura 15) mostra que o crescimento da população é altamente dependente dos valores de M (sobrevivência com permanência na mesma classe), principalmente da classe adulta, enquanto os outros parâmetros contribuem pouco. Isso também foi encontrado para a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) (Zuidema & Boot 2002) e para cinco espécies de lenhosas do cerrado (Hoffmann 1999). Zuidema & Boot (2002) discutem que isso é típico para espécies de longa vida, pois essas espécies possuem altos valores de sobrevivência para as últimas classes ou categorias de tamanho. Isso é compreensível, já que as últimas classes terão muitas oportunidades para se reproduzir, tendo em vista a longa vida da espécie, mas se um desses indivíduos é perdido, a reprodução potencial de vários anos é perdida (alta influência do valor de M). Uma alta sobrevivência é observada também para *Caryocar brasiliense*, na qual nenhum jovem ou adulto morreu no período de estudo. Além do valor de F (fecundidade), os valores de P (sobrevivência com passagem de classe) também influenciam pouco o valor de crescimento populacional. Isso é resultado dos baixos valores de P, que são provenientes de um crescimento lento (baixos valores de

IDA), assim o impacto no crescimento populacional demora muitos anos para ser percebido, pois a passagem de classes é muito lenta.

Alguns trabalhos mostram altos níveis de exploração sustentável de frutos ou sementes para várias espécies: 86% das sementes da palmeira *Phytelephas seemannii* podem ser exploradas sem que ocorra declínio populacional (Bernal 1998), assim como 92% dos frutos da árvore *Sclerocarya birrea* subsp. *caffra* (Emanuel *et al.* 2005) e 93% das sementes de *Bertholletia excelsa* (Zuidema & Boot 2002). Esses valores são superiores ao máximo de exploração encontrado nesse trabalho (57% dos frutos), porém esses outros trabalhos não incluíram a quantidade de frutos que são utilizados pela fauna. De fato, se nós não considerarmos os efeitos na fauna, o valor de exploração sobe para 99% (Figura 16), ou seja, fica comparável a esses outros estudos. Isso mostra que a população de *Caryocar brasiliense* é resistente a altos regimes de exploração de frutos.

Mas considerar os efeitos da extração de frutos ou sementes na fauna é essencial. Boot & Gullison (1995) concluem que a extração de sementes da castanha-do-pará pode levar a cutias e esquilos (principais consumidores das sementes dessa espécie) a impactar um número maior ou em maior extensão outras espécies da comunidade através da herbivoria ou predação de sementes, ou ainda esses animais podem ficar menos abundantes devido à falta desses recursos. Isso também é possível de acontecer com os consumidores dos frutos de *Caryocar brasiliense*, já que além de ser uma espécie muito abundante, é a espécie responsável pela maior biomassa de frutos zoocóricos em certas localidades de cerrado *stricto sensu* (Bizerril *et al.* 2005). Além disso, a fauna contribui com a formação da estrutura da população através do processo de dispersão de sementes, de modo que os putâmens removidos não são necessariamente predados, e inclusive podem ter sua germinação acelerada quando passados pelo sistema digestivo de grandes vertebrados (p.e. anta).

A elasticidade dos parâmetros em função dos níveis de exploração (Figura 17) mostra que a variação é gradual. Isso é esperado devido à baixa interferência no valor de λ provocada pelas

alterações do valor de F , que no caso é o único parâmetro que é variado devido à exploração dos frutos. Além disso, há uma redução na importância dos parâmetros P e F para o λ à medida que se aumenta o nível de exploração, que é compensada por aumento da importância do parâmetro M . Isso ocorre devido ao valor de F ser cada vez menor e, portanto menos contribui para a geração de novos indivíduos. Enquanto o valor de P tem sua importância reduzida porque a contribuição dele está relacionada à formação de indivíduos produtores de frutos (adultos), mas esses indivíduos contribuem cada vez menos com frutos devido à exploração. Assim, com a redução da contribuição de frutos para o crescimento populacional, a tendência é aumentar a importância do valor de M , pois a população vai depender cada vez mais da sobrevivência dos indivíduos presentes. Isso é bem visualizado quando chegamos à exploração de 100% dos frutos, onde os valores de M respondem por 100% da variação de λ (Figura 17).

Algumas considerações devem ser feitas a respeito desses resultados. Isso porque simulações baseadas em modelos de matrizes são apenas projeções de como a população irá se comportar se as condições ambientais da época da coleta de dados se mantiverem constantes (Hoffmann 1999). Como esse estudo teve apenas um ano de coleta de dados, é impossível assegurar que os valores de incremento, taxa de germinação, produção de frutos, sobrevivência e remoção de putâmens permaneçam constantes ao longo dos anos. De fato, para a produção de frutos, foi possível a comparação entre anos, e descobrimos que houve uma grande diferença entre os anos. O ano de 2007 teve uma produção de apenas 30% da quantidade de frutos produzidas em 2006. Uma diferença na produção de frutos entre anos consecutivos também foi encontrada para *Sclerocarya birrea* (Shackleton, 2002). Isso mostra a importância de vários anos de coleta para que sejam incorporados no modelo essas variações temporais. Portanto, é necessário acompanhar por mais anos a população de *Caryocar brasiliense*, para incorporar essas variações no modelo.

Além disso, também é provável que esses parâmetros populacionais variem entre diferentes localidades de acordo com as variações ambientais espaciais. Tendo em vista que apenas variações na densidade da espécie já são causa de mudanças em alguns desses parâmetros devido aos fatores dependentes de densidade (Freckleton *et al.* 2003). E como a área apresenta alta densidade de *Caryocar brasiliense* é necessária cautela na extrapolação desses dados para outras áreas.

Finalmente, este estudo mostra que a espécie *Caryocar brasiliense* é resistente à exploração de seus frutos. De forma que medidas simples de manejo compensatório, como plantar uma muda de pequi para cada três adultos por ano, já são suficientes para manter a população estável. Porém este estudo também mostra que se a área tem uma fauna conservada é necessário deixar de explorar parte dos frutos, no caso deste estudo 43% dos frutos, tendo em vista que esses são utilizados pela fauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANONYMOUS. 2004. Baru é a nova alternativa de renda no cerrado. *Revista da Emater*, Abril. pp: 6-7.
- AQUINO, F. de G., WALTER, B. M. T. & RIBEIRO, J. F. 2007. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” *stricto sensu* over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(1):111-119.
- ARAÚJO, F. D. de. 1995. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) – an economically valuable species of the Central Brazilian Cerrados. *Economic Botany* 49(1):40-48.
- BARRADAS, M. M. 1972. Informações sobre floração, frutificação e dispersão do piqui *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). *Ciência e Cultura* 24(11):1063-1068.
- BAUMGARTEN, J. E. 1994. *Oferta de néctar e produção de frutos em uma população de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) num cerrado do DF*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil. 76 pp.
- BENNETT, B. C. 2002. Forest products and traditional peoples: economic, biological, and cultural considerations. *Natural Resources Forum* 26:293-301.
- BERNAL, R. 1998. Demography of the vegetable ivory palm *Phytelephas seemannii* in Colombia, and the impact of seed harvesting. *The Journal of Applied Ecology* 35(1):64-74.
- BIZERRIL, M. X. A., ZARDO, R. N., SANTOS-JÚNIOR, L. B., MOREIRA, T. B., PEREIRA, V. C. R. & ROCHA, D. S. 2005. Avaliação da produção de frutos em áreas de cerrado *stricto sensu*. Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil: avanços nos estudos de ecossistemas terrestres, marinhos e de águas continentais, Caxambu/Minas Gerais.
- BOOT, R. G. A. & GULLISON, R. E. 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications* 5(4):896-903.

- BORGES FILHO, H. C. & FELFILI, J. M. 2003. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. *Revista Árvore* 27(5):735-745.
- CASWELL, H. 1989. *Matrix population models*. Sinauer Associates, Sunderland. 328 pp.
- EMANUEL, P. L., SHACKLETON, C. M. & BAXTER, J. S. 2005. Modelling the sustainable harvest of *Sclerocarya birrea* subsp. *caffra* fruits in the South African lowveld. *Forest Ecology and Management* 214:91-103.
- ENDRESS B. A., GORCHOV, D. L., PETERSON, M. B. & SERRANO, E. P. 2004. Harvest of the palm *Chamaedorea radicalis*, its effects on leaf production, and implications for sustainable management. *Conservation Biology* 18(3):822-830.
- FORGET, P. 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 12:751-761.
- FRECKLETON, R. P., SILVA MATOS, D. M., BOVI, M. L. A. & WATKINSON, A. R. 2003. Predicting the impacts of harvesting using structured population models: the importance of density-dependence and timing of harvest for a tropical palm tree. *Journal of Applied Ecology* 40:846-858.
- GALETTI, M. & ALEIXO, A. 1998. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rainforest of Brazil. *Journal of Applied Ecology* 35:286-293.
- GOMES, L. J. 2000. Extrativismo e biodiversidade: o caso da fava-d'anta. *Ciência Hoje* 27(161): 66-69.
- GRIBEL, R. & HAY, J. D. 1993. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology* 9:199-211.

- GRIBEL, R. 1986. *Ecologia da polinização e da dispersão de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) na região do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil. 109 pp.
- HAY, J. D., BIZERRIL, M. X., CALOURO, A. M., COSTA, E. M. N., FERREIRA, A. A., GASTAL, M. L. A., GOES JUNIOR, C. D., MANZAN, D. J., MARTINS, C. R., MONTEIRO, J. M. G., OLIVEIRA, S. A., RODRIGUES, M. C. M., SEYFFARTH, J. A. S. & WALTER, B. M. T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23(3):341-347.
- HENRIQUES, R. P. B. & HOFFMANN, W. A. Woody increase in a fire protected cerrado savanna of Central Brasil. Submetido a *Journal of Tropical Ecology*.
- HENRIQUES, R.P.B. & HAY, J.D. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. pp:140-158.
- HERINGER, E. P. 1970. O pequizeiro (*Caryocar brasiliense*, Cambess.). *Brasil Florestal* 1 (2):28-31.
- HOFFMANN, W. A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. *Ecology* 80(4):1354-1369.
- HOFFMANN, W. A. 2000. Post-establishment seedling success in the Brazilian Cerrado: a comparison of savanna and forest species. *Biotropica* 32(1):62-69.
- IBGE. 2003. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. 2004. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ.

- IBGE. 2005. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. 2006. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. 2007. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ.
- KATHRIARACHCHI, H. S., TENNAKOON, K. U., GUNATILLEKE, C. V. S., GUNATILLEKE, I. A. U. N. & ASHTON, P. M. S. 2004. Ecology of two selected liana species of utility value in a lowland rain forest of Sri Lanka: implications for management. *Conservation & Society* 2(2):273-288.
- KERR, W. E., SILVA, F. R. da & TCHUCARRAMAE, B. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). 2007. Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. *Revista Brasileira de Fruticultura* 29(1):169-171.
- KLINK, C.A. & A.G. MOREIRA. 2002. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. pp:69-88.
- KROON, H. de, PLAISER, A., GROENENDAEL, J. van & CASWELL, H. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology* 67:1427-1431.
- LABOURIAU, L. G., VÁLIO, I. F. M. & HERINGER, E. P. 1964. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados – I. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 36(4):449-464.
- LEITE, G. L. D., VELOSO, R. V. dos S., ZANUNCIO, J. C., FERNANDES, L. A. & ALMEIDA, C. I. M. 2006. Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian cerrado region. *Forest Ecology and Management* 236:286-294.

- LOPES, P. S. N., SOUZA, J. C. de, REIS, P. R., OLIVEIRA, J. M. & ROCHA, I. D. F. 2003. Caracterização do ataque da broca dos frutos do pequi. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(3):540-543.
- MATTEUCCI, M. B. de ALMEIDA, GUIMARÃES, N. N. R., TIVERON FILHO, D. & SANTOS, C. 1995. A flora do cerrado e suas formas de aproveitamento. *Anais Esc. Agron. e Vet.* 25(1):13-30.
- MOEGENBURG, S. M. & LEVEY, D. J. 2003. Do frugivores respond to fruit harvest? An experimental study of short-term responses. *Ecology* 84(10):2600-2612.
- MUSTART, P. J. & COWLING, R. M. 1992. Impact of flower and cone harvesting on seed banks and seed set of serotinous *Agulhas proteaceae*. *South African Journal of Botany* 58:337-342.
- NEPSTAD, D. C., UHL, C., PEREIRA, C. A. & SILVA, J. M. C. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* 76:25-39.
- OLIVEIRA, E. de. 2006. *Exploração de espécies nativas como uma estratégia de sustentabilidade socioambiental - o caso do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) em Goiás*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasil. 294 pp.
- OLIVEIRA, P. S. & FREITAS, A. V. L. 2004. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften* 91:557 – 570.
- PANDIT, B. H. & THAPA, G. B. 2003. A tragedy of non-timber forest resources in the mountain commons of Nepal. *Environmental Conservation* 30(3):283-292.
- PERES, C. A., BAIDER, C., ZUIDEMA, P. A., WADT, L. H. O., KAINER, K. A., GOMES-SILVA, D. A. P., SALOMÃO, R. P., SIMÕES, L. L., FRANCIOSI, E. R. N., VALVERDE, F. C., GRIBEL, R., SHEPARD JR., G. H., KANASHIRO, M., COVENTRY, P., YU, D.W., WATKINSON, A. R. & FRECKLETON, R. P. 2003. Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. *Science* 302:2112-2114.

- PETERS, C. M., GENTRY, A. H. & MENDELSON, R. O. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339:655-656.
- PIRES, M. O. & SCARDUA, F. P. 1998. *Extrativismo vegetal não-madeireiro no Cerrado*. Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN, Brasília. Projeto Conservação e Manejo da Biodiversidade do Cerrado, Componente Socioeconomia, Subprojeto MVC: Meios de Vida Sustentáveis no Cerrado. 72 pp.
- POZO, O. V. C., BLANDÓN, M. L. Z. & GOMES, M. A. O. 1997. O pequi (*Caryocar brasiliense*): viabilidade sócio-econômica do cerrado no norte de Minas Gerais. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Natal/Rio Grande do Norte. Pg: 728-742.
- PRANCE, G. T. & SILVA, M. F. da. 1973. Caryocaraceae. *Flora Neotropica Monograph* 12:1-75.
- RAI, N. D. & UHL, C. F. 2004. Forest product use, conservation and livelihoods: the case of uppage fruit harvest in the Western Ghats, India. *Conservation & Society* 2(2):289-313.
- RIZZINI, C. T. 1965. Experimental studies on seedling development of cerrado woody plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52(3):410-426.
- SANTANA, J. das G. & NAVES, R. V. 2003. Caracterização de ambientes de cerrado com alta densidade de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região sudeste do estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 33(1):1-10.
- SANTOS, B. R., PAIVA, R., DOMBROSKI, J. L.D., MARTINOTTO, C., NOGUEIRA, R.C. & SILVA, A. A. N. 2004. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. *Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras* 64:5-33.
- SCHMIDT, I. B., FIGUEIREDO, I. B. & SCARIOT, A. 2007. Ethnobotany and effects of harvesting on the population ecology of *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), a NTFP from Jalapão region, central Brazil. *Economic Botany* 61(1):73-85.

- SHAANKER, R. U., GANESHIAIAH, K. N., RAO, M. N. & ARAVIND, N. A. 2004. Ecological consequences of forest use: from genes to ecosystem – a case study in the Biligiri Rangaswamy Temple Wildlife Sanctuary, South India. *Conservation & Society* 2(2):347-363.
- SHACKLETON, Charlie. 2002. Growth and fruit production of *Sclerocarya birrea* in the South African lowveld. *Agroforestry Systems* 55:175-180.
- SILVA JÚNIOR, M. C. da. 2005. *100 Árvores do Cerrado*. Rede de Sementes do Cerrado, Brasil. 278 pp.
- SILVA, D. M. S. da. 2005. *Estrutura populacional, fenologia, crescimento e efeito de poda em *Lychnophora ericoides* Mat. (Asteraceae)*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasil. 60 pp.
- SILVERTOWN, J. 2004. Sustainability in a nutshell. *Trends in Ecology and Evolution* 19(6):276-278.
- TICKTIN, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41:11-21.
- WADT, L. H. O., KAINER, K. A. & GOMES-SILVA, D. A. P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211:371-384.
- WITKOWSKI, E. T. F. & LAMONT, B. B. 1996. Nutrient losses from commercial picking and cockatoo removal of *Banksia hookeriana* blooms at the organ, plant and site levels. *Journal of Applied Ecology* 33:131-140.
- WUNDER, Sven. 1999. Value Determinants of Plant Extractivism in Brazil - an analysis of the data from the IBGE Agricultural Census. Texto para Discussão 682, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

ZUIDEMA, P. A. & BOOT, R. G. A. 2002. Demography of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18:1-31.