

Alyson Luiz Santos de Almeida

**Avaliação ecológica do extrativismo do pequi
(*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará:
informações para um plano de uso sustentável**

RECIFE

2014

Alyson Luiz Santos de Almeida

**Avaliação ecológica do extrativismo do pequi
(*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará:
informações para um plano de uso sustentável**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Botânica.

Orientador:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque
(PPGB/UFRPE)

Co-orientadoras:

Profª. Dra. Elcida de Lima Araújo
(PPGB/UFRPE)

Dra. Suelma Ribeiro Silva (ICMBio)

RECIFE

2014

Ficha catalográfica

A447a Almeida, Alyson Luiz Santos de
Avaliação ecológica do extrativismo do pequi
(*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do
Araripe, Ceará: informações para um plano de uso
sustentável / Alyson Luiz Santos de Almeida. – Recife,
2014.
164 f. : il.

Orientador: Ulysses Paulino de Albuquerque.
Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife,
2014.
Inclui referências e anexo(s).

1. Ecologia de populações vegetais 2. Produtos
florestais não madeireiros 3. Modelos matriciais
4. Conservação 5. Manejo da biodiversidade
I. Albuquerque, Ulysses Paulino de, orientador II. Título

CDD 581

Avaliação ecológica do extrativismo do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará: informações para um plano de uso sustentável

Alyson Luiz Santos de Almeida

Tese defendida em _____ em: ____/____/2014

Examinadores:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Presidente da Banca/Orientador

Profa. Dra. Cristina Baldauf

Universidade Federal de Rural do Semiárido (UFERSA) - Titular

Prof. Dr. Marcelo Alves Ramos

Universidade de Pernambuco (UPE) - Titular

Profa. Dra. Patrícia Muniz de Medeiros

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Titular

Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Titular

Dr. Gustavo Taboada Soldati

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Suplente

Prof. Dr. Kleber Andrade da Silva

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Suplente

RECIFE

2014

Dedicatória

Dedico este à minha mãe: Dione Santos de Almeida.

Ela representa as maiores e melhores
virtudes que preciso ter.

Agradecimentos

Aloha!

A Deus por tudo que Ele fez e faz em meu benefício e dos meus.

A coordenação do PPGB, na pessoa da Professora Carmen Zickel. Em especial a Secretária do programa, Kênia Muniz Azevedo Freire, pelos esclarecimentos, atenção e disposição para ajudar sempre.

Ao Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque, pela orientação, presteza, atenção, paciência, amizade e pela iniciação no campo da ciência e da “ciência da vida”. Sou muito grato por tudo.

A Profa. Dra. Elcida Araújo e a Dra. Suelma Silva pelos conselhos, atenção e fundamentais contribuições ao trabalho.

A profa. Dra. Tamara Ticktin e seus alunos, pela acolhida na Universidade do Hawai'i e todos os ensinamentos acadêmicos prestados. Além disso, pela forma simples de encarar a vida.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Doutorado, e ao BNB pelo suporte financeiro dado ao meu projeto de Tese. Também agradeço a CAPES pela oportunidade de realizar parte de meus estudos fora do Brasil através do programa ciência sem fronteiras. Nunca esquecerei!

Ao ICMBio, especialmente os funcionários da FLONA-Araripe, por proporcionar um ambiente de trabalho tão agradável. Espero poder contribuir com mais uma pecinha neste complexo quebra-cabeças que é a gestão dos recursos naturais.

A comunidade de Cacimbas, no Ceará, pela solicitude, receptividade e desprendimento no compartilhamento do conhecimento sobre o pequiizeiro.

A todos os integrantes do LEA, minha segunda casa nestes últimos nove anos! Agradeço a tod@s pelos momentos de troca de ideias, descontração, crescimento pessoal e profissional.

À minha família, pelas virtudes e falhas. Tudo têm me ensinado a ser melhor. Sou um pouco melhor agora, por causa de todos vocês: Anderson, Alex, Amaro, Marcela, Luizinho, Jorginho, Vô Sérgio, Vós Luzinete e Lindauva. Agradeço especialmente à minha Betinha pela paciência, carinho e por ser tão parceira.

E a tod@s que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Mahalo!

Obrigado!

Lista de figuras

Revisão bibliográfica

- Figura 1** – Padrões nas curvas de sobrevivência (sobreviventes/1000 vs. idade). A curva “a” representa uma alta mortalidade no final do tempo de vida; populações com curvas do tipo “b_{1,2} e 3” apresentam níveis de mortalidade variando em função de um gradiente de condições ambientais ao longo da vida ou de fases do desenvolvimento específicas; já a curva “c” é típica de uma população em que a mortalidade é muito alta durante os estádios mais jovens. Em “B” é apresentado um cenário hipotético para uma espécie arbórea submetida ao extrativismo de frutos. Esta situação se dá pelo fato de que tanto o estágio que contribui com novos membros (adulto) quanto os primeiros estádios de desenvolvimento são afetados. Adaptado de Begon et al. (2007), Gurevitch et al. (2009) e Odum (1988). 24
- Figura 2** – Representação do padrão geral do ciclo de vida de uma espécie arbórea (Diferentes fases da vida de um organismo vs. Esforço reprodutivo ao longo da vida). ER – Esforço reprodutivo. Adaptado de Gurevitch et al. (2009). 25
- Figura 3** - Representação hipotética do padrão geral da história de vida de uma espécie arbórea iterópora. (Estações reprodutivas anuais vs. Esforço reprodutivo ao longo da vida) Adaptado de Gurevitch et al. (2009). 25
- Figura 4** – Modelo de matriz determinística estruturada com base em estágios de desenvolvimento de uma espécie vegetal hipotética. Acima da matriz de transição está o diagrama do ciclo de vida, que mostra a população dividida em quatro classes. Estão incluídas as categorias plântula e outras três, características do desenvolvimento de grande parte de espécies arbóreas. As setas indicam a direção das possíveis transições entre classes, incluindo sobrevivência com permanência na mesma classe(S), Passagem entre classes (P), retorno à classe anterior (R) e fecundidade/contribuição para o crescimento populacional (F). Embora não estejam sendo mostradas, existem ainda outras possíveis transições que podem acontecer entre classes não consecutivas (crescimentos através de mais de uma classe durante o intervalo entre censos). As probabilidades dessas transições estão resumidas na matriz (M). Adaptado de Brigham e Thonson 2003 e Gurevitch et al. 2009. 33

Manuscrito 1

- Figura 1** – Localização geográfica da Floresta nacional do Araripe (FLONA), Ceará – Brasil e das parcelas amostradas para o levantamento populacional de *Caryocar coriaceum* Wittm. Em três distintas fitofisionomias. 94
- Figura 2** - Densidade de *Caryocar coriaceum* Wittm. (indivíduos.ha⁻¹) por estágio ontogenético em três fisionomias (cerrado, cerradão e Floresta úmida semiperenifólia - FUSp) da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. Letras diferentes acima das barras indicam diferenças significativas entre as densidades

de determinado estágio em cada fitofisionomia, de acordo com o teste de Qui-
quadrado (χ^2) ($p < 0,05$). 95

Figura 3- Distribuição do número de indivíduos em classes de altura (a) e
diâmetro do caule (b) para populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. em três
fisionomias (cerrado, cerrado e Floresta úmida semiperenifólia - FUSp), na
Floresta Nacional do Araripe, Ceará. Os valores no eixo horizontal representam os
pontos médios das classes de tamanho. 96

Figura 4 - Evolução da extração de *Caryocar coriaceum* Wittm. em escalas
regionais e locais, estimativas de produção máxima de putâmens baseada no
número médio de frutos produzidos (safra 2011-12) na Floresta Nacional do
Araripe, Ceará - Brasil. (Fonte: IBGE, 2013). BCJSc - refere-se aos municípios de
Barbalha, Crato, Juazeiro do norte e Santana do cariri. PTAF - Produção de frutos
considerando que todos os adultos estejam frutificando com, pelo menos, o
número médio registrado para cada fisionomia ou a média geral para o caso da
fisionomia FUSp. 97

Figura 5 – Acumulado mensal e média mensal histórica da precipitação
pluviométrica registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará – Brasil.
Fonte: INMET 2013 98

Manuscrito 2

Figura 1- Aspectos do ciclo de vida de *Caryocar coriaceum* Wittm.: porte médio
e arquitetura de copa típica de indivíduo em área de cerrado *stricto sensu* (A);
rebrotamento de folhas (B); ramo jovem (C); inflorescência contendo flores em
estágio de pré-antese e flores sem corola, onde se pode observar o ovário súpero e
estigmas remanescentes (D); flores recebendo visitas de polinizadores (E); frutos
(F); semente com sinais de consumo da polpa por roedor (G); e plântula com
cerca de dez dias vida (H). 135

Figura 2- Aspectos do extrativismo de *Caryocar coriaceum* Wittm.: porte médio
e arquitetura de copa típica de indivíduo em acampamentos de coletores (A);
processo de coleta inicia com a catação de frutos caídos no interior da floresta
(B); o transporte, geralmente é feito em bicicletas. A cada viagem os coletores
tiram entre 500 e 700 frutos (C); vários extratores convergem suas coletas para os
acampamentos nos arredores da unidade e conservação, onde produzem o óleo
(D); os frutos, óleo e até mudas da planta são vendidos a beira das estradas ou são
vendidos nas feiras livres da região (e, E, F). 136

Figura 3 – Localização dos pontos de amostragem de populações de *Caryocar
coriaceum* Wittm. em três fisionomias da Floresta nacional do Araripe, Ceará. 137

Figura 4 – Série histórica da precipitação anual (barras claras indicam anos
normais. As barras escuras indicam eventos de secas severas) e média anual
histórica (linha negra) registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará.
Fonte: INMET 2013. 138

Figura 5 – Representação esquemática do modelo de estádios de vida de *Caryocar coriaceum* Wittm. P=plântula; J=jovem; I=imaturo; A=adulto; S=sobrevivência com permanência no mesmo estágio; p=sobrevivência com passagem de estágio; e F=Fecundidade. 139

Figura 6 - Distribuição proporcional entre estádios ontogenéticos atual e prevista pelas projeções populacionais de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta Nacional do Araripe, Ceará. Os dados estão agrupados como uma só população (geral) e em duas fisionomias florestais (cerrado e cerradão). (a) – transição 2007-2008; (b) – 2011-2012; e (c) – 2012-2013. 140

Figura 7- Elasticidade da taxa de crescimento instantânea (λ) a variações nos parâmetros demográficos de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta Nacional do Araripe, Ceará. Os dados estão agrupados como uma só população (geral) e em duas fisionomias florestais (cerrado e cerradão). (a) – transição 2007-2008; (b) – 2011-2012; e (c) – 2012-2013. Sp – sobrevivência de plântula; Sj – sobrevivência de jovem; Si – sobrevivência de imaturo; Sa – sobrevivência de adulto; Pp – passagem de estágio plântula/jovem; Pji – passagem de estágio jovem/imaturo; Pia – passagem de estágio imaturo/adulto; e F – fecundidade. 141

Figura 8 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas no período listado primeiro em cada comparação. 142

Figura 9 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas na fisionomia listada primeiro em cada comparação. 143

Figura 10 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas médias para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas na fisionomia listada primeiro em cada comparação. 144

Figura 11 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança. 145

Figura 12 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2011-2012) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança. 146

Figura 13 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

147

Figura 14 - Efeitos do aumento na probabilidade de eventos climáticos severos sobre a taxa de crescimento populacional (λ_s) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008; 2011-2012; e 2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional em cada transição. A matriz da transição 2012-2013 foi usada como referência de ano seco, sendo aumentada sua probabilidade de ser usada na obtenção do lambda estocástico. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

148

Figura 15 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ_s) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008; 2011-2012; e 2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional em cada transição. A matriz da transição 2012-2013 foi usada como referência de ano seco, sendo amostrada a probabilidade de 18% na obtenção do lambda estocástico. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

149

Lista de tabelas

Revisão bibliográfica

Tabela 1 – Espécies pesquisadas quanto aos efeitos do extrativismo de seus frutos, partes usadas, ecossistemas e onde foram desenvolvidas suas abordagens. 38

Manuscrito 1

Tabela 1- Comparação dos parâmetros estruturais de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. a partir de levantamentos populacionais em três diferentes fisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. FUSp – Floresta úmida semiperenifólia. 92

Tabela 2 - Emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de germinação (VG) de *Caryocar coriaceum* Wittm. em três diferentes fisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. FUSp – Floresta úmida semiperenifólia. 93

Manuscrito 2

Tabela 1 - Taxas vitais registradas para os diferentes estádios ontogenéticos (P - plântula; J - jovem; I - imaturo; e A - adulto) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm., submetidas ao extrativismo de frutos, observados entre os anos de 2007-2008, 2011-2012 e 2012-2013 em três fisionomias da Floresta Nacional do Araripe - CE. 133

Tabela 2 – Matrizes de transição empíricas, taxas de crescimento instantânea (λ) e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (97%IC) obtidas a partir dos parâmetros populacionais observados entre os anos de 2007-2008, 2011-2012 e 2012-2013 em populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. 134

Almeida, Alyson Luiz Santos; Dr.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Dezembro, 2013; AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DO EXTRATIVISMO DO PEQUI...
Elcida Lima de Araújo, Suelma Ribeiro Silva, Ulysses Paulino de Albuquerque.

RESUMO: Objetivamos investigar os efeitos ecológicos da extração de frutos do pequi (*Caryocar coriaceum*) na Floresta Nacional do Araripe, a partir de perspectivas estáticas e dinâmicas de análise para gerar dados que subsidiem a formulação de um plano de conservação e uso sustentável. Geralmente, os frutos são obtidos exclusivamente a partir do extrativismo de populações nativas sem que haja o devido controle. Grande parte dos estudos isentam de culpa a pressão extrativista, pois muitos fatores estão envolvidos e carecem de avaliações que determinem o poder que cada fator exerce. A análise estática é a forma mais comum de avaliação do efeito ecológico do extrativismo. Com relação ao pequi, as populações apresentam problemas na regeneração natural devido ao baixo estoque de elementos infantis. Verificamos que, em uma perspectiva estática de análise, não há sustentabilidade do extrativismo na FLONA porque os registros do IBGE apontam para uma quantidade coletada superior ao potencial de oferta. A perspectiva dinâmica revela uma taxa de extrativismo muito alta (>90%) e uma tendência de estabilidade nos tamanhos populacionais em grande parte da FLONA. O aumento da frequência de eventos climáticos severos como a seca promovem, em cenários simulados, pouca influência sobre as taxas de crescimento populacionais. O uso sustentável do pequi deve ser pautado pela diminuição das atuais taxas de coleta. Ao deixar no ambiente 3 em cada 10 frutos, os coletores estarão respeitando as taxas naturais de remoção pela fauna associada à espécie, o que poderá melhorar a regeneração natural da planta. A importância do pequi no contexto ecológico, social e econômico regional justifica a realização de pesquisas de maior duração para aumentar a eficiência das estratégias de conservação e manutenção da atividade extrativa.

Palavras-chaves: Ecologia de populações vegetais, produtos florestais não madeireiros, modelos matriciais, conservação, manejo da biodiversidade.

Almeida, Alyson Luiz Santos; Dr.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Dezembro, 2013; ECOLOGICAL EVALUATION OF THE HARVESTING OF PEQUI.... Elcida Lima de Araújo, Suelma Ribeiro Silva, Ulysses Paulino de Albuquerque.

ABSTRACT: We aimed to investigate the ecological effects of pequi (*Caryocar coriaceum*) harvesting in Araripe National Forest, from static and dynamic analysis perspectives to support the formulation of a plan for the conservation and sustainable use. Generally, fruits are obtained solely from the extraction of native populations without any proper control. The major part of the studies do not blame fruit exploitation as main pressure cause. Many other factors are involved and need assessments to determine the power that each factor carries. Static analysis is the most common form of assessment of ecological effects of extraction. Regarding pequi, the populations have problems in natural regeneration due to low stock of infants elements. We found that, in a static way of analysis, there is no sustainability in the extraction at FLONA because records from IBGE indicate an amount collected that exceeds the supply potential. But the dynamic perspective reveals a very high extraction rate (>90%) and a stability trend in population size in much of the National Forest. This scenario is not intensified by the increased frequency of severe weather events such as drought. The sustainable use of pequi must be guided by the decrease of the current collection rates. By leaving in the environment 3 out of 10 fruits, collectors will be respecting the natural removal rates from the fauna associated to the species, which may improve its natural regeneration. The importance of pequi at regional, ecological, social and economic context justifies conducting surveys of longer duration to increase the efficiency of strategies for the conservation and maintenance of harvesting activity.

Keywords: Ecology of plant populations, non-timber forest products, matrix models, conservation, biodiversity management.

SUMÁRIO

	Página
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	xi
Resumo	xii
Abstract	xiii
INTRODUÇÃO	16
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
Manuscrito 1: Estrutura e produção de frutos de pequi (<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.): bases para um plano de conservação e uso sustentável de uma espécie ameaçada no cerrado brasileiro	59
Resumo	61
Abstract	61
INTRODUÇÃO	62
MATERIAL E MÉTODOS	65
RESULTADOS	71
DISCUSSÃO	74
AGRADECIMENTOS	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
Manuscrito 2: Avaliação da sustentabilidade do extrativismo de uma fruteira nativa do cerrado brasileiro: o caso do pequi (<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.-Caryocaraceae)	99
Resumo	101
Abstract	102
1 INTRODUÇÃO	103
2 MATERIAL E MÉTODOS	105
3 RESULTADOS	111
4 DISCUSSÃO	117

5 CONCLUSÕES	121
6 AGRADECIMENTOS	123
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO DE <i>Caryocar coriaceum</i> NA FLORESTA NACIONAL DO ARARIPE	150
ANEXOS	153

INTRODUÇÃO

O extrativismo de produtos florestais não madeireiros (PFNM) tem sido alvo de investigações por todo mundo, especialmente nas regiões tropicais, onde existe grande diversidade biológica e cultural. Essa atividade, quando voltada para os frutos, geralmente apresenta efeitos mínimos sobre a ecologia das espécies exploradas (Cunningham 2001), pois repercute pouco na determinação de tendências de declínio populacional quando comparada a extração de cascas, por exemplo (Stanley et al. 2012). Porém, quando as pressões de coleta passam a atender demandas em escala comercial e atingir as relações planta-dispersor surge a possibilidade de ser afetada a sustentabilidade ecológica da atividade (Homma 2010; Oostermeijer 2003).

Entender os padrões biológicos das plantas alvo de extrativismo é essencial para orientar estratégias que contemplem demandas econômicas e conservacionistas (Hall e Bawa 1993). Por ser aparentemente inofensiva, a coleta de frutos tem motivado poucas investigações relacionadas aos efeitos ecológicos. Para a grande maioria das plantas cujos frutos são alvo da atenção humana faltam desde informações básicas até investigações aplicadas à compreensão do papel humano na diminuição dos estoques naturais desses recursos (Rist et al. 2010).

O Brasil é um país de grandes proporções territoriais e de diversidade de espécies úteis inseridas em todos os biomas e ecossistemas. O bioma Cerrado é um dos que tem uma variedade de ambientes e fruteiras usadas por séculos pelas populações humanas. Também é um dos mais ameaçados pelo avanço das fronteiras agrícolas (Klink e Machado 2005). Seguramente, a mais popular e importante planta é o pequi, nome vernacular dado a espécie do gênero *Caryocar* da família Caryocaraceae (Oliveira et al. 2008). Na região nordeste do Brasil é encontrada *Caryocar coriaceum*, espécie nativa do Brasil e ameaçada de extinção (Prance et al. 2014). A Floresta Nacional do Araripe (FLONA), uma unidade de conservação de uso sustentável localizada na Chapada do Araripe (Ceará), é a sua principal zona de ocorrência e de onde é extraída quase toda a produção que alimenta uma tradicional cadeia de mercado.

Os objetivos principais da FLONA são: manutenção de mosaicos fisionômicos e ser repositório de espécies nativas. Além disso, unidades de conservação como esta permitem a extração de PFNM, desde que guiados por planos de manejo e uso sustentável específicos. O pequi é apenas uma das dezenas de espécies úteis coletadas

nessa área protegida e que, como ela, carecem de investigações científicas com vistas a subsidiar vias para o uso sustentável.

Diante disto, o presente estudo teve como principal objetivo o entendimento de aspectos biológicos e ecológicos de *Caryocar coriaceum* para traçar estratégias de conservação e uso de seus frutos na FLONA. Especificamente o trabalho buscou: 1- Caracterizar a estrutura vertical e horizontal de *C. coriaceum* na FLONA do Araripe; 2- Caracterizar o padrão de distribuição espacial de *C. coriaceum*; 3- Acompanhar a dinâmica das populações de *C. coriaceum*; 4- Caracterizar a produção de frutos de *C. coriaceum*; 5- Investigar as taxas de germinação *in situ* 6- Avaliar o efeito da extração de frutos sobre a viabilidade populacional de *C. coriaceum*; e 7- Definir taxas máximas de extração de frutos de *C. coriaceum* na FLONA do Araripe.

Na primeira parte desta Tese são apresentados conceitos básicos e ferramentas metodológicas aplicadas à compreensão de aspectos populacionais de espécies alvo de extrativismo. Aliado a isso, são compilados resultados de estudos recentes sobre avaliações dos efeitos ecológicos e sócio econômicos da extração de fruteiras lenhosas em suas estruturas populacionais.

A segunda parte deste documento é composta por um estudo dos aspectos estruturais de populações de *C. coriaceum* em diferentes fisionomias da FLONA. Informações do solo, luminosidade e produção de frutos foram acessadas para testar diferenças entre as fitofisionomias existentes na área. E, como faz parte de um projeto maior, esta Tese usou dados inéditos e de outros estudos para estimar a produção anual de frutos na FLONA, fazendo inferências sobre a sustentabilidade da atividade extrativa.

A terceira parte aprofunda o nível das análises, lançando mão de ferramentas de modelagem matricial a partir de dados da dinâmica populacional do pequi. Três conjuntos de dados (transições) formaram a base para investigações prospectivas que explicitam tendências futuras para a espécie. Embora muitos pesquisadores acreditem que um ano de seca põe a perder o tempo investido em monitoramentos sistemáticos, o fato de ter havido a maior estiagem dos últimos 30 anos propiciou a realização de análises que incorporaram a estocasticidade ambiental. Assim, foi possível visualizar como o efeito simulado do extrativismo afetaria a taxa de crescimento populacional do pequi em sua principal zona de ocorrência no Nordeste. Como afirmado, os dados apresentados neste estudo subsidiarão planos de uso sustentável para *C. coriaceum*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem várias formas de uso dos recursos naturais pelos seres humanos no atendimento das mais diversas necessidades. Muitas delas passam pela extração de recursos, de formações vegetais naturais ou manejadas (Soldati e Albuquerque 2008), entre os quais se podem citar folhas, cascas, fibras, resinas, óleos, tinturas, flores, sementes, gomas, tubérculos, plantas ornamentais e frutos. Estes são conhecidos por produtos florestais não madeireiros (PFNMs), que têm papel importante nos modos de vida e subsistência de diversas populações humanas (Cunninghan 2001; Montagnini e Jordan 2005).

Populações humanas que vivem em países desenvolvidos ou em desenvolvimento dependem, em diferentes graus, e por distintas razões, dos recursos florestais não madeireiros. Nesse contexto, a extração e/ou venda deles pode ser importante na geração de renda, pois os frutos, entre outros PFMNs, fazem parte do grupo dos produtos de valor atribuível e podem ser inseridos em mercados, conferindo geração de renda às pessoas (Montagnini e Jordan 2005; Rist et al. 2010).

Durante a safra, as atividades de coleta e processamento geram empregos temporários que garantem parte do sustento de muitas populações humanas, principalmente de países em desenvolvimento (Avocèvou-Ayisso et al. 2009; Gaoue e Ticktin 2007; Soldati e Albuquerque 2008; Rist et al. 2010). Além do aspecto econômico, o uso de PFMNs está associado ao desenvolvimento de identidades socioculturais entre populações tradicionais e as plantas alvo de extrativismo (Baldauf et al. 2009; Gaoue e Ticktin 2009; Gustard et al. 2004; Soldati e Albuquerque 2008).

Como os PFMNs são variados, os impactos ecológicos decorrentes da sua extração dependem, sobretudo, do tipo de recurso usado e dos padrões de utilização associados (Cunninghan 2001; Hall e Bawa 1993). No caso da extração de frutos, Cunningham (2001) afirmou que é um tipo de extrativismo menos impactante que a extração de cascas, folhas ou raízes. No entanto, essa afirmação ainda carece de evidências que lhe deem suporte, pois como será visto mais adiante, parte da literatura relacionada mostra exatamente o oposto. Além disso, ainda existem inúmeras espécies sendo alvo de extração de frutos, para as quais as atenções dos cientistas ainda não se voltaram, sendo também necessário que as relações entre plantas e pessoas sejam investigadas.

Nesse sentido, os estudos precisam levar em consideração vários aspectos do ambiente, da biologia e ecologia da espécie, das demandas sócio econômicas e dos

conhecimentos, desejos e aspectos culturais que cercam e/ou regem a magnitude da coleta desses recursos (Cunninghan 2001; Hall e Bawa 1993; Schimidt e Ticktin 2012).

Pensar o uso de PFNMs integrando estes aspectos é importante, visto que a extração em grande escala desses recursos pode afetar desde a estrutura espacial das populações e as interações com polinizadores e dispersores até a aspectos genéticos. Assim, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade da espécie a médio e longo prazos (Avocèvou-Ayisso et al. 2009; Oostermeijer 2003).

Para o sucesso do estabelecimento de estratégias de manejo e conservação dos recursos vegetais, além das abordagens ecológicas comumente empregadas, estudos etnobotânicos e etnoecológicos vêm sendo conduzidos, uma vez que fornecem dados relevantes acerca do uso e manejo dos recursos vegetais pelas pessoas (Albuquerque et al. 2009). Nesse sentido, espécies vegetais que gozem de destaque dentro de uma cultura constituem-se em bons exemplos, caso existam indícios de que seja necessária a elaboração de estratégias que promovam a mudança de atitudes com relação ao extrativismo (Rist et al. 2010; Silvertown 2004).

A presente revisão tem como principal objetivo sintetizar as informações disponíveis na literatura de trabalhos que avaliaram o efeito do extrativismo do fruto de populações de espécies lenhosas cujos frutos são o foco da pressão de uso. Além disso, o documento pretende identificar onde este tipo de estudo foi mais frequentemente desenvolvido e, dentro destes estudos, verificar como o impacto da extração de frutos tem afetado a estrutura, regeneração das populações vegetais e a economia das populações humanas estudadas. Buscou-se a compreensão do tema através de alguns aspectos teóricos básicos e abordagens metodológicas aplicadas ao desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação de populações vegetais de interesse.

Processos demográficos

Diante de um contexto de potencial declínio de várias fontes de recursos naturais nativos com importância social, cultural e econômica (Arnold e Perez 2001), nota-se que é necessário ir além de estudos ecológicos, incorporando cada vez mais informações de exemplos de relação pessoas/plantas. O estudo dinâmico e de prazos mais longos trazem informações ricas que ajudam os tomadores de decisões a planejarem melhor políticas de acesso aos recursos de propriedade comum. Isso

porque, ao serem construídos em intervalos temporais maiores, os projetos consideram variações com influência na população, como clima e efeitos estocásticos. Além disso, e o mais importante, em algumas populações, alguns processos ocorrem com retardos temporais. Por exemplo, a seca grave de determinado ano pode não ter seus efeitos expressados de forma imediata. Em espécies de vida longa (K-estrategistas), essa dinâmica com retardo temporal serão compreendidas apenas através de monitoramentos mais amplos.

Nesse sentido, novos esforços de pesquisas, quando aplicados, têm o potencial de mitigar efeitos de longos períodos de ação humana desordenada. Além disso, podem modificar a trajetória sombria e perigosa de colapso para que tendem todas as estratégias de geração de renda e desenvolvimento local, formadas em função de demandas comerciais crescentes com relação a muitos destes recursos naturais que constituem produtos e serviços do meio ambiente (Homma 2010; Silvertown 2004).

Os estudos demográficos indicam o *status* imediato de populações vegetais a partir do monitoramento de determinada população¹ ao longo de um período específico. De acordo com Gurevitch et al. (2009), os processos independentes de densidade são, atualmente, as maneiras mais acessíveis, com o auxílio de modelos matemáticos já bem testados e estabelecidos, de compreender cenários futuros dos tamanhos populacionais de determinada espécie de interesse. Existem características das populações que definem o seu caráter processual e contínuo: fecundidade, natalidade, sobrevivência e mortalidade. Todos estes dados resultam da construção das tabelas de vida e se apresentam na forma de taxas expressas de forma geral ou específica em determinada idade/estádio de desenvolvimento.

Natalidade – em um contexto não manejado pela ação humana, a inclusão de novos indivíduos à população representa uma série de batalhas vencidas frente às adversidades impostas pelo ambiente físico e pela competição inter e intrapopulacional (Begon et al. 2007). Já em ambientes sujeitos à ação humana, a entrada de novos elementos nas populações é mais difícil. É uma vitória, pois apenas aqueles frutos que foram deixados, esquecidos ou não foram vistos pelos extratores, e, depois disso, ainda passaram pelo crivo do ambiente terão a chance de germinar.

¹ Para efeito desse estudo, entende-se com a população de trabalho o conjunto de indivíduos presentes em uma dada área e que estejam submetidos à condições de hábitat que determinem diferenciações fitosifionômicas.

Alguns autores divergem quanto ao momento/evento que deve ser considerado para dizer que um novo membro faz parte da população. Gurevitch et al. (2009) acreditam que a semente e/ou o fruto que a encerra já é um indivíduo fisiologicamente independente e geneticamente distinto. Eles acrescentaram que a inclusão de um novo membro à população se dá quando a semente está madura; o embrião está completamente formado ou mesmo a semente e/ou o fruto se desprende da planta mãe. Por poderem viver até anos no solo, formando um banco de sementes, estas estruturas já fazem parte da população e constituem um dos pontos do potencial de regeneração de espécies vegetais que dispõem desta estratégia. Devido aos inúmeros fatores que agem nos frutos e/ou sementes (predação; pós dispersão, eficiente ou não; limitações edáficas e climáticas) grande parte dos novos indivíduos morrem antes de entrarem para os registros oficiais dos pesquisadores (Begon et al. 2007). Assim, sendo contabilizados os ingressantes na população em um determinado intervalo de tempo, obtém-se a taxa de natalidade que expressa a capacidade de aumento de uma população (Gurevitch et al. 2009). Tal dado corresponde a uma das informações necessárias para conhecer o comportamento de uma dada espécie em função de suas interações com o ambiente (Ricklefs 2006).

Mortalidade - A contagem de baixas também requer atenção, mas trata-se de uma atividade um pouco mais simples. Assim como com a natalidade, a análise temporal desses registros leva a obtenção da taxa de mortalidade.

No caso de organismos sésseis como as árvores, causas naturais quanto a simples ausência no ambiente, o tombamento ou ressecamento das estruturas aéreas devido a inúmeras razões podem ser considerados como causas da morte de uma planta. A atividade humana pode levar os indivíduos à morte através do corte da planta ou pela retirada excessiva de cascas do caule (Soldati e Albuquerque 2008; 2010; Feitosa 2012). Nos eventos em que a planta apresenta rebrota das partes aéreas, está sugerida sinalização de um novo registro para a população ou retorno a um estágio anterior de desenvolvimento (Araújo 1998).

Os dados de nascimentos e mortes apresentados em taxas, quando combinados, proporcionam a observação das tendências ascendentes (crescimento), neutra ou descendentes (diminuição) das populações.

Sobrevivência – pode ser aferida por diversos caminhos, ou seja, calculada através de métodos diretos ou indiretos que variam em função do tipo de evidência considerada e do tempo disponível ao pesquisador (Ricklefs 2006; Begon et al. 2007; Odum e Barrett

2008). Uma possibilidade é acompanhar a idade de morte dos elementos como meio indireto de registro de mortes é uma das possibilidades. Mas é necessário ter evidências sólidas que possam ser usadas. Além disso, devem perdurar por bastante tempo no ambiente (ossadas, troncos lenhosos etc). Outra forma de calcular a taxa de sobrevivência é pela análise da *estrutura etária*. O problema nesta forma de se obter as taxas de sobrevivência está no longo tempo necessário à verificação de padrões e construção de bases oriundas de outros lugares. Este método é muito útil quando se trata de espécies para as quais se têm disponível uma vasta fonte de informações ecológicas, o que não acontece com muitas plantas.

Os métodos que mais são exequíveis para determinação das taxas de sobrevivência de plantas baseiam-se na construção de *tabelas de vida de coorte* ou em *tabelas de vida estáticas*. A primeira tem como base o acompanhamento de um grupo de indivíduos desde o seu nascimento até a sua morte. Portanto considera um intervalo temporal. Tal método apresenta alto grau de confiança nos dados que produz e é bastante eficaz quando se trata de pesquisar organismos sésseis (Begon et al. 2007). No entanto, o fato de demandar a análise de todo o ciclo de vida inviabiliza sua construção para espécies arbóreas com ciclos de vida muito longos.

Já a tabela de vida estática faz o acompanhamento de indivíduos pertencentes a todas as coortes de uma população. É a mais comumente utilizada por proporcionar a obtenção de todos os dados de processos demográficos atendendo às limitações de prazos impostos aos cientistas e suas pesquisas (Hall e Bawa 1993). As principais fragilidades deste método estão na delimitação de limites morfológicos e/ou arbitrários na definição das fases de desenvolvimento dos organismos. Pode-se incorrer no erro de sub ou superdimensionar alguma delas como, por exemplo, a fase pré-reprodutiva de uma árvore que, a partir de um critério morfo-fisiológico, inicia-se na apresentação de ramificações secundárias e segue até o momento em que começá a produzir estruturas reprodutivas, quando se tornaria um adulto (Araújo 1998).

Os dados de sobrevivência são fontes inferenciais sobre a vulnerabilidade específica de cada estágio do desenvolvimento de uma espécie, ou seja, qual é o estágio mais crítico para a manutenção da população. Odum (1988) citou o próprio adensamento populacional como um fator forte da determinação do padrão de sobrevivência das coortes ao longo do tempo. Estes padrões seguem três tipos básicos, que podem ser analisados a partir do aspecto geométrico que as curvas de sobrevivência apresentam (Figura 1A). A maioria dos vegetais superiores se enquadra

no perfil que com alta mortalidade nos primeiros anos ou estádios iniciais: segue-se uma melhora na expectativa de vida após o bom estabelecimento dos indivíduos em substrato/hábitat adequado (Figura 1A, curva c). Em casos de populações submetidas à intensa extração de frutos, o padrão de sobrevivência apresentaria acentuada taxa de mortalidade das plântulas, ou seja, concavidade bem mais intensa devido à exposição a predadores dos poucos elementos que conseguissem nascer (Figura 1b).

Por fim, e completando o que são consideradas as taxas vitais (Brigham e Thomsont 2003), as taxas de **fecundidade** podem ser extraídas das tabelas de vida (Begon et al. 2007). Este parâmetro informa a contribuição relativa de cada indivíduo para a população. Esse incremento varia conforme o estágio em que se encontra o indivíduo, sendo nulo no início da vida de indivíduos iteróporos (Figura 2), desenvolvendo-se durante a fase reprodutiva dos indivíduos e voltando a ser nula na fase pós-reprodutiva nas espécies que apresentam senescência (Begon et al. 2007; Gurevitch et al. 2009; Odum 1988). Por isso, essa taxa é um dado calculado geralmente para os adultos. A fertilidade, portanto, é um dado potencial oriundo desse estágio de desenvolvimento. A fecundidade potencial é dada através do produto da proporção de indivíduos em estágio reprodutivo na população, média individual de sementes produzidas por fruto e taxa de germinação (Oliveira 2009). E para que seja obtida a fertilidade efetiva deve-se considerar o número de frutos/sementes produzidas, a chance de sobrevivência média das sementes e a taxa de germinação (Gurevitch et al. 2009).

As populações crescem, desenvolvem-se e diminuem de acordo com taxas de entradas, permanência e saídas de elementos. Os ecólogos estão interessados em saber como e a que velocidade esses processos operam (Odum 1988). Na avaliação de como se comportam esses dados, é necessário conhecer bem as fases de desenvolvimento e os momentos em que os indivíduos se tornam reprodutivos e passam a contribuir com novos elementos para o conjunto populacional. É preciso compreender ciclo de vida da espécie em sua totalidade, pois assim entender-se-ão melhor as variações nos tamanhos populacionais.

Em sua maioria, as plantas, arbóreas em especial, apresentam uma sequência de eventos caracterizados por um período de crescimento e maturação pré-reprodutivo (Figura 2). A duração do esforço reprodutivo, que em muitas plantas é bastante longa, é caracterizada por uma série de eventos/temporadas reprodutivas (espécies iteróporas).

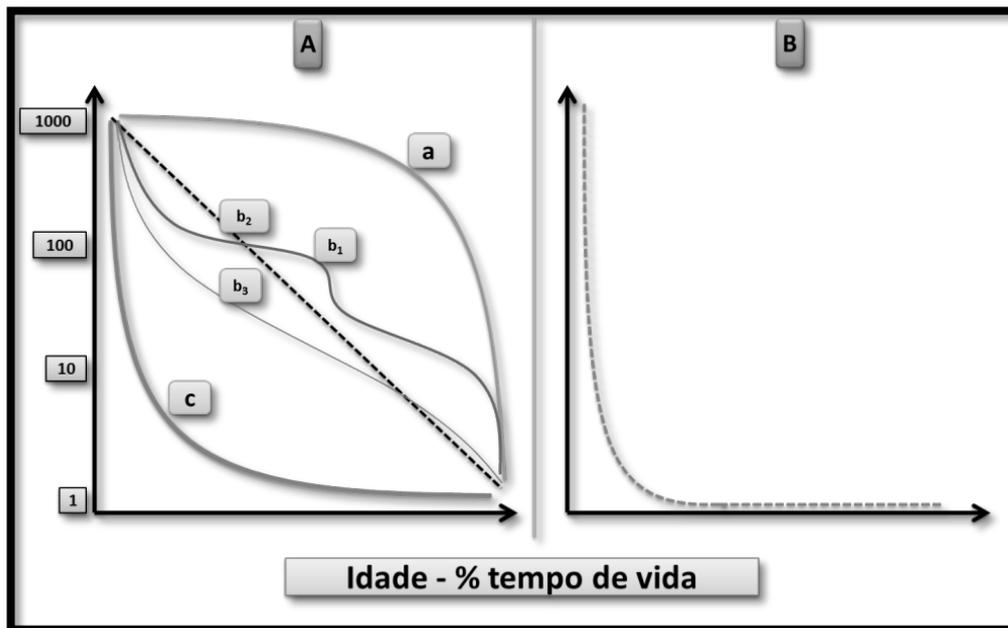


Figura 1 – Padrões nas curvas de sobrevivência (sobreviventes/1000 vs. idade). A curva “a” representa uma alta mortalidade no final do tempo de vida; populações com curvas do tipo “ $b_{1,2}$ e 3 ” apresentam níveis de mortalidade variando em função de um gradiente de condições ambientais ao longo da vida ou de fases do desenvolvimento específicas; já a curva “c” é típica de uma população em que a mortalidade é muito alta durante os estádios mais jovens. Em “B” é apresentado um cenário hipotético para uma espécie arbórea submetida ao extrativismo de frutos. Esta situação se dá pelo fato de que tanto o estágio que contribui com novos membros (adulto) quanto os primeiros estádios de desenvolvimento são afetados. Adaptado de Begon et al. (2007), Gurevitch et al. (2009) e Odum (1988).

Nesta fase, a produção varia (em grande parte) em função de características ambientais que afetam grande parte dos indivíduos ou mesmo toda a população. Como se vê na figura 2, o potencial produtivo máximo é atingido após vários eventos reprodutivos (Begon et al. 2007). Segue-se uma fase de morte (pós-reprodutiva), em que a planta passa por um período de senescência, não mais contribuindo ao crescimento da população, e morre. Há grande variação nos padrões apresentados por esse grupo de espécies: algumas apresentam eventos reprodutivos contínuos e outras têm períodos reprodutivos intercalados por pausas de alocação de novos recursos e também de crescimento (Figura 3).

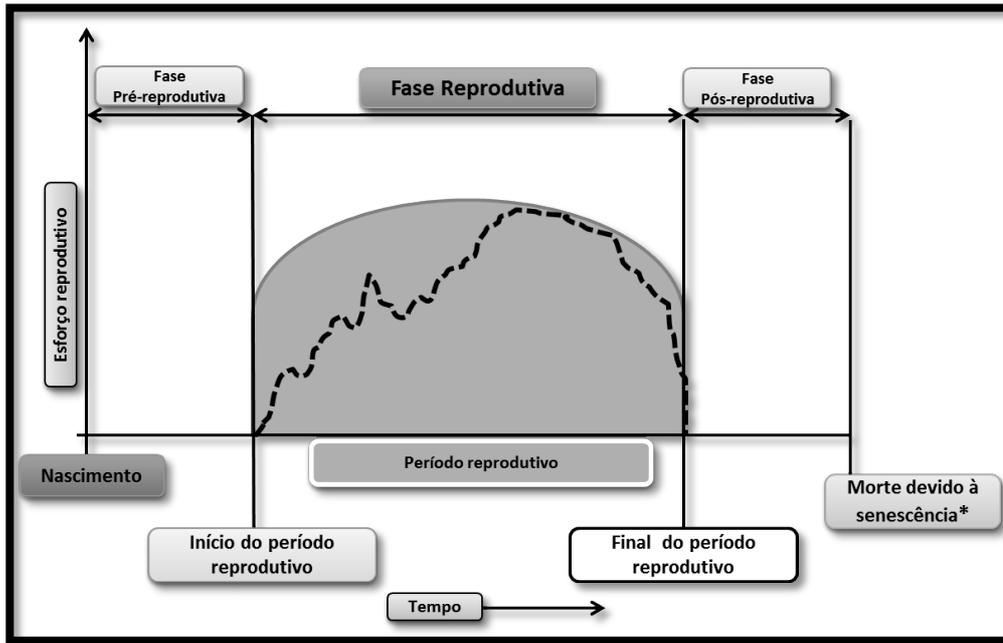


Figura 2 – Representação do padrão geral do ciclo de vida de uma espécie arbórea (Diferentes fases da vida de um organismo vs. Esforço reprodutivo ao longo da vida). ER – Esforço reprodutivo. Adaptado de Gurevitch et al. (2009).

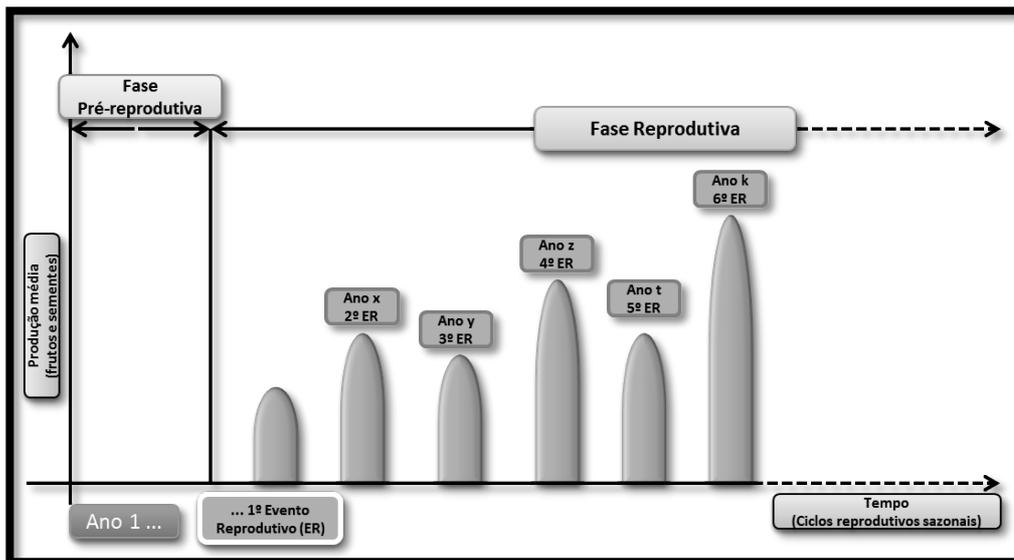


Figura 3 - Representação hipotética do padrão geral da história de vida de uma espécie arbórea iterópora. (Estações reprodutivas anuais vs. Esforço reprodutivo ao longo da vida) Adaptado de Gurevitch et al. (2009).

Os diagramas de ciclo de vida oferecem resumos informativos das possibilidades de permanência em um estágio, transições entre estágios, mortes e contribuições à regeneração populacional. Além disso, esses modelos esquemáticos aproximam-se dos modelos matriciais que serão discutidos em breve. O estágio

semente, em geral, não é considerado porque a determinação da probabilidade de sobrevivência dessas estruturas é uma tarefa bastante complexa. Para tal, seria necessário desenvolver um nível de manuseio que certamente afetaria as chances de sobrevivência reais (aumentando ou diminuindo) de permanência no ambiente e suas chances de germinação (Gurevitch et al. 2009), o que afetaria outros dados subsequentes. No caso de plantas cujo alvo de extrativismo são os frutos/sementes, esse trabalho torna-se ainda mais complicado, pois demandariam experimentos adicionais. Mesmo assim, alguns ecólogos têm tentado lançar mão de métodos de acompanhamento que incluam as sementes e/ou bancos de sementes nas análises (Oliveira 2009; Zardo 2008).

O ponto capital que determina o crescimento populacional é estabelecido pela sua capacidade de produzir novas estruturas reprodutivas. Em função dos vários fatores que regem a dinâmica populacional, podem ser percebidos padrões através dos quais seus números variem no ambiente. Assim, as populações vegetais e/ou animais crescem seguindo algumas taxas e padrões: exponencial e geométrico. Estas taxas dependem da composição etária (estrutura) e das contribuições individuais ao grupo.

Em condições hipotéticas, sem intervenções externas, considerando apenas as taxas de natalidade e mortalidade, as populações apresentam um padrão de crescimento exponencial. Essa curva de crescimento assemelha-se a um “j”, porque a densidade aumenta rapidamente em função da ação do potencial biótico populacional. Ao longo da distribuição de frequências por classe etária é possível observar que a resistência do ambiente atua na espécie e há uma diminuição gradual e contínua no número de elementos em cada classe (Begon et al. 2007; Soldati e Albuquerque 2008). Esse tipo de distribuição é tipicamente apresentado por espécies pioneiras no ambiente, ou seja, aquelas que primeiro colonizam áreas naturais ou áreas que sofreram dano ambiental (Odum 1988).

Em situações reais, as espécies sofrem variações nessa distribuição em função da destruição de habitats, extração de frutos ou de estratégias de manejo voltadas ao favorecimento de estádios reprodutivos em detrimento das primeiras etapas da vida de determinada espécie (Avocévo-Ayisso et al. 2009; Oostermeier 2003; Rist et al. 2010; Silvertown 2004; Venter e Witkowski 2011; Wadt et al. 2005). A outra forma de crescer de uma população, crescimento logístico, obedece a uma curva em forma de “S”. Nesse modelo há aumento lento no início (estabelecimento) seguido de um período de crescimento análogo ao exponencial e de uma gradual diminuição na taxa

de crescimento em função da equiparação de forças entre potencial biótico e resistência ambiental (Odum 1988). Neste grupo de organismos, o ponto de certo equilíbrio é conhecido como capacidade de suporte do ambiente à densidade populacional (K).

O valor que determina o crescimento ou diminuição populacional é uma função direta do seu tamanho, tendo em conta a contribuição individual na construção de um valor de referência do grupo, é a taxa intrínseca de crescimento (r - modelo de crescimento exponencial e λ - modelo geométrico). Um padrão é usado na análise desses dados: $r < 0$ significa que a população está com tendência ao declínio, $r > 1$ a população está crescendo; $\lambda > 1$ indica crescimento e $\lambda < 1$ a população está ficando menor. No caso de populações que apresentam valores de taxas iguais a 1 (um), há indicativo de que o grupo goza de estabilidade ou saturaram o seu ambiente potencial (Schwartz 2003).

Nos dois padrões de crescimento encontram-se peculiares relações das taxas com a densidade populacional. No padrão “ r ”, o declínio é provocado pela interação entre os elementos pares e principalmente limitação de recursos no ambiente. Já no outro caso, há certo condicionamento da variação da taxa de crescimento à densidade. Na medida em que o grupo vai aumentando, o ambiente vai expressando sua ação, o que provoca uma acomodação ou reduções progressivas nas taxas de crescimento ao que é possível realizar no ambiente durante o tempo. Esse padrão é também conhecido como crescimento logístico ou dependente da densidade. O crescimento logístico opera a taxas mínimas e o exponencial a taxas máximas. No entanto, a relação entre potencial biótico e resistência ambiental faz com que, na maioria dos casos, as populações obedeçam a um modelo variável/intermediário de crescimento, o qual tem suas taxas modificadas pelo cenário estrutural da população ao longo do tempo.

Análise de viabilidade populacional

Nos últimos 40 anos, vêm sendo desenvolvidos alguns métodos de análise dos dados de populações (vegetais e animais) que ajudam a responder questões prementes relacionadas à conservação de espécies sob risco (Crone et al. 2011; Keith et al. 2008). Mudanças ambientais, catástrofes e principalmente manejo adequado são os grandes motores desta atenção científica, que busca indicar caminhos que levem a um estágio viável de estruturação populacional. Este conjunto de métodos está baseado

em modelos de projeções matriciais das taxas vitais e buscam evidenciar os efeitos das mudanças nestes valores no crescimento de populações. Além disso, têm o poder de determinar o(os) estágio(s) que merece(m) maior atenção das estratégias de manejo na intenção de garantir a continuidade de determinada espécie no ambiente (Crone et al. 2011; Gurevitch et al. 2009).

As análises matriciais proporcionam a aplicação de uma estratégia analítica conhecida por análise de viabilidade populacional (AVP). Existem várias aplicações para as AVP's ligadas à identificação de *status* imediato e tamanhos populacionais viáveis mínimos, riscos futuros de extinção e efeitos de mudanças de práticas de manejo (passadas e futuras) ou no ambiente (Brigham e Thonson 2003; Crone et al. 2011; Gurevitch et al. 2009; Schwartz 2003). A aplicação destas ferramentas tem tomado vultoso corpo na literatura científica (Menges 2000). No entanto, Brigham & Thonson (2003) perceberam que existem divergências quanto ao papel que as AVP's podem desempenhar nas questões sobre conservação e manejo. Alguns cientistas acham que esses métodos são poderosas ferramentas de conservação; outros, mais cautelosos, consideram que estes métodos podem ser facilmente usados incorretamente ou podem proporcionar recomendações falaciosas aos gestores e tomadores de decisão (Schwartz 2003).

A depender das questões a serem respondidas, são usadas diferentes estratégias que desenham cenários futuros relativos às taxas vitais e tendências de crescimento das populações de interesse (Schwartz 2003). Várias formas de modelar e analisar a viabilidade de populações estão à disposição dos cientistas. Mas, apenas dois tipos são adequados ao estudo direcionado a espécies em particular (Brigham e Thonson 2003).

O primeiro deles baseia-se em análises estáticas, que são frequentemente encontradas na literatura (Bhati et al. 2000; Soldati e Albuquerque 2008, 2010; Stanley et al. 2012; Ticktin 2004) Embora os métodos de modelagem sejam cada vez mais populares, os métodos estáticos são mais simples, pois necessitam de dados coletados de forma bem mais barata e rápida em contextos de avaliação de sustentabilidade de uso (Peters 1994; 1996). Estes métodos se baseiam na frequência entre as diferentes classes de tamanho, e consideram uma população viável aquela que apresenta maior concentração de elementos nas primeiras classes com histogramas apresentando forma de “J” invertido, tendo um decréscimo exponencial na medida em

que as classes aumentam em tamanho (Hall e Bawa 1993; Soldati e Albuquerque 2008).

A partir de regressões lineares simples, com o ponto central da classe diamétrica (mediana) sendo a variável independente e o número de indivíduos por classe (N_i) a variável dependente são determinadas retas de tendência. As inclinações das distribuições por classes diamétricas (SCD slopes) são usadas como indicadores da tendência a partir da estrutura populacional, de modo que valores positivos e próximos a zero indicam desequilíbrios na estrutura da população e valores negativos distantes de zero indicam estabilidade (Condit et al. 1998; Lykke 1998; Obiri et al. 2002; Tabuti 2007). Outras distribuições são possíveis de acontecerem no ambiente e serem observadas pelos pesquisadores (Ver Soldati e Albuquerque (2010) para uma descrição mais aprofundada sobre as relações dos padrões de distribuição de frequências nas diferentes etapas do ciclo de vida com aspectos do extrativismo de produtos florestais não madeireiros.

O segundo tipo tem foco nas análises que consideram a dinâmica das populações para caracterizar as tendências populacionais. Fato comum a todas as abordagens é que a consistência e confiabilidade dos resultados dessas análises aumentam como função direta do tempo da coleta de dados (Brigham e Thonson 2003; Menges 2000).

Modelos matriciais

São ferramentas metodológicas que se caracterizam combinarem taxas vitais em medidas integradas, fornecendo informações sobre os efeitos que mudanças nas taxas poderiam exercer sobre a dinâmica populacional (Crone et al. 2011). Têm sido cada vez mais usadas pelos ecólogos (Menges 2000). Além disso, têm aplicações diversas como: estimar taxas atuais de crescimento, tamanhos, estruturas futuras e riscos de extinção de populações; caracterizar tendências de crescimento ou declínio; prever benefícios relativos e guiar discussões quanto às opções de manejo presentes e futuras (Crone et al. 2011; Schwartz 2003).

Modelos matriciais não estruturados descrevem mudanças nos tamanhos totais das populações. Apenas são realizadas contagens sucessivas dos indivíduos presentes no ambiente. Baseiam-se em pressupostos teóricos que limitam uma maior aplicabilidade: 1- a variação dos tamanhos populacionais é resultado da variação ambiental nas taxas de crescimento; 2- as contagens representam uma fração

constante do total populacional; e 3- não é considerada a complexa influência da dependência de densidade e questões estocásticas no crescimento populacional (Schwartz 2003). Sua aplicação se oportuniza, segundo Brigham e Thonson (2003), em questões relacionadas aos riscos de extinção. A vantagem do método está na simplicidade dos dados necessários. Porém, o grande problema de sua aplicação está no tempo necessário para poderem ser verificados riscos iminentes. No caso de plantas com ciclos de vida relativamente curtos (10-20 anos), esta análise se presta apropriadamente no contexto de projetos de longa duração. Quando se tratam de plantas com longos ciclos de vida, a sua aplicação fica impossibilitada. Para que se tenha uma ideia, seriam necessários 100 anos de contagens sucessivas dos tamanhos populacionais para serem estimadas as taxas de risco de extinção para os próximos 10 a 20 anos, pois a acurácia do método fica entre 10 e 20% (Brigham e Thonson 2003, Schwartz 2003).

O outro grupo de modelos é caracterizado pela estruturação dos dados a partir das tabelas de vida (Gurevitch et al. 2009). São os modelos estruturados em estádios ou em idades, os quais são largamente utilizados nas análises matriciais estudando espécies vegetais, por exemplo (Crone et al. 2011; Menges 2000). Baseiam-se nas taxas vitais das populações e conseguem agregar mais informações dos diferentes estágios de desenvolvimento, biologia e ecologia das espécies sob investigação (Figura 4) (Brigham e Thonson 2003). A trajetória populacional pode ser predita através da multiplicação do vetor populacional N (número de indivíduos) em cada classe no tempo (t) pela matriz (M) a cada espaço de tempo. Tendo a população atingido à estabilidade em sua distribuição, equivale à multiplicação do vetor (N) pela taxa intrínseca (λ), que, por sua vez, representa a taxa de crescimento geométrico. Assim, é possível projetar a população em intervalos de tempos futuros. Os resultados das análises matriciais de modelos estruturados constituem ferramentas de tomada de decisão, o que permite a geração de uma série de predições referente ao crescimento populacional. Na maioria dos casos, os modelos assumem fatores independentes da densidade e dinâmicas populacionais determinísticas relacionadas aos padrões exponenciais de crescimento ou declínio. Os modelos mais complexos tentam incorporar eventos estocásticos que inferem sobre probabilidades de extinção (Brigham e Thonson 2003; Schwartz 2003).

A popularidade dos modelos matriciais estruturados (determinísticos e estocásticos) tem crescido com ou por causa do desenvolvimento de ferramentas

computacionais especialmente voltadas ao propósito da conservação e outras questões associadas. Com o avanço de softwares dedicados à modelagem matricial veio também a adição de mais variáveis, tornando as análises mais complexas e com maior poder de predição (Brigham e Thonson 2003; Schwartz 2003). Por isso, é necessário cada vez mais rigor na determinação e/ou caracterização das etapas dos ciclos de vida e na tomada de dados das populações sob investigação. Neste sentido, a escolha do número de classes/estágios para a análise matricial constitui-se na principal decisão a ser tomada. Como a definição da idade não é uma tarefa muito fácil, para muitas plantas a construção de um modelo baseado em idades é inexecutável. Por isso, muitas vezes os pesquisadores optam por basearem ou desenvolverem modelos baseados nos estádios de desenvolvimento. Dessa forma, tais modelos são os mais populares na literatura (Crone et al. 2011; Menges 2000).

Modelos estruturados em idades (tabelas de coorte) são os mais apropriados e poderosos quanto ao potencial das suas predições e suporte a tomadas de decisão de manejo. Dependendo do caso, devem-se combinar dados tanto da estrutura de idade quanto de tamanho (Brigham e Thonson 2003; Schwartz 2003). Quando não for possível dispor de tais dados (determinar taxas vitais a partir das idades), é possível realizar o caminho inverso, transformando a estrutura de tamanho em estrutura de idade (Brigham e Thonson 2003; Emanuel et al. 2005). Mas é importante ter cautela com esse subterfúgio metodológico, pois apenas é possível desenvolver tal atividade quando a biologia e alometria da espécie é bem clara e/ou estudada.

A definição de um pequeno número de classes pode carregar a análise de vieses, pois pode não ser possível observar transições em intervalos que correspondam à duração das investigações (Cochran e Ellner 1992; Crone et al. 2011). Isto porque, geralmente, as pesquisas são partes de programas de pós-graduação, o que faz com que a duração da etapa de coleta de dados seja de dois até quatro anos. Assim, correm-se riscos de subestimar as taxas de transição e, como consequência pode prejudicar as predições feitas a partir dos modelos (Brigham e Thonson 2003; Schwartz 2003). Por outro lado, um grande número de classes afeta a análise justamente pela diminuição dos tamanhos das amostras e pelo aumento das variações internas dessas.

Na tentativa de amenizar o efeito da decisão, muitas vezes arbitrada pelos pesquisadores, alguns recorrem a estratégias estatísticas com objetivo de identificar interrupções ou intervalos proporcionais das taxas de sobrevivência e fecundidade

relacionadas aos tamanhos dos indivíduos. Buscam-se, portanto, divisões naturais ao invés de artificiais. Outros pesquisadores analisam a estrutura populacional ordenando os grupos de acordo com a variação contínua em suas taxas vitais, dividindo esses valores em classes intervalares (Brigham e Thonson 2003; Cochran e Ellner 1992).

A incorporação da estocasticidade (caráter aleatório) nos modelos, embora importante por ser parte da realidade que enfrentam todas as populações no ambiente, não é muito comum. Vários problemas impedem que isso aconteça. O principal é o tempo disponível à realização da pesquisa, muitas vezes determinado por questões que fogem à vontade/interesses do pesquisado. Uma matriz determinística pode ser construída a partir dos dados de apenas dois anos de estudo (uma transição) (Figura 4). Já uma matriz que contemple a aleatoriedade nos processos depende de um acompanhamento de, pelo menos, três anos ou mais. Episódios resultantes de severas variações climáticas, as quais repercutem em altas/baixas taxas de nascimentos, recrutamentos (transições), ou mortes, em grande parte não são possíveis de serem verificadas/observadas durante uma pesquisa com os atuais padrões de duração já discutidos (Brigham e Thonson 2003; Keith et al. 2008). Dessa forma, o principal entrave, o tempo, reforça seu poder. Pois, sempre haverá menos tempo disponível do que o necessário/desejável para atender os pré-requisitos da construção de bons e robustos modelos estocásticos. Assim, os modelos determinísticos parecem ter tido uma maior aderência às propostas e possibilidades das pesquisas e, por isso, estarem majoritariamente na literatura que aborda o tema (Crone et al. 2011; Gurevitch et al. 2009; Menges 2000).

A recomendação geral para obtenção de dados ideais é que se façam acompanhamentos da dinâmica populacional pelo menos por um ano a mais do que o número de variáveis (classes/estágios) considerados (Gurevitch et al. 2009). Mas, um fato importante é preciso ser salientado: necessita-se tornar essas ferramentas mais populares e que sejam cada vez mais usadas nas pesquisas envolvendo questões relativas ao manejo e conservação da biodiversidade. Porque assim trabalhos aplicados à conservação de espécies sob risco terão maior poder preditivo e as ações de manejo poderão ser mais eficientes.

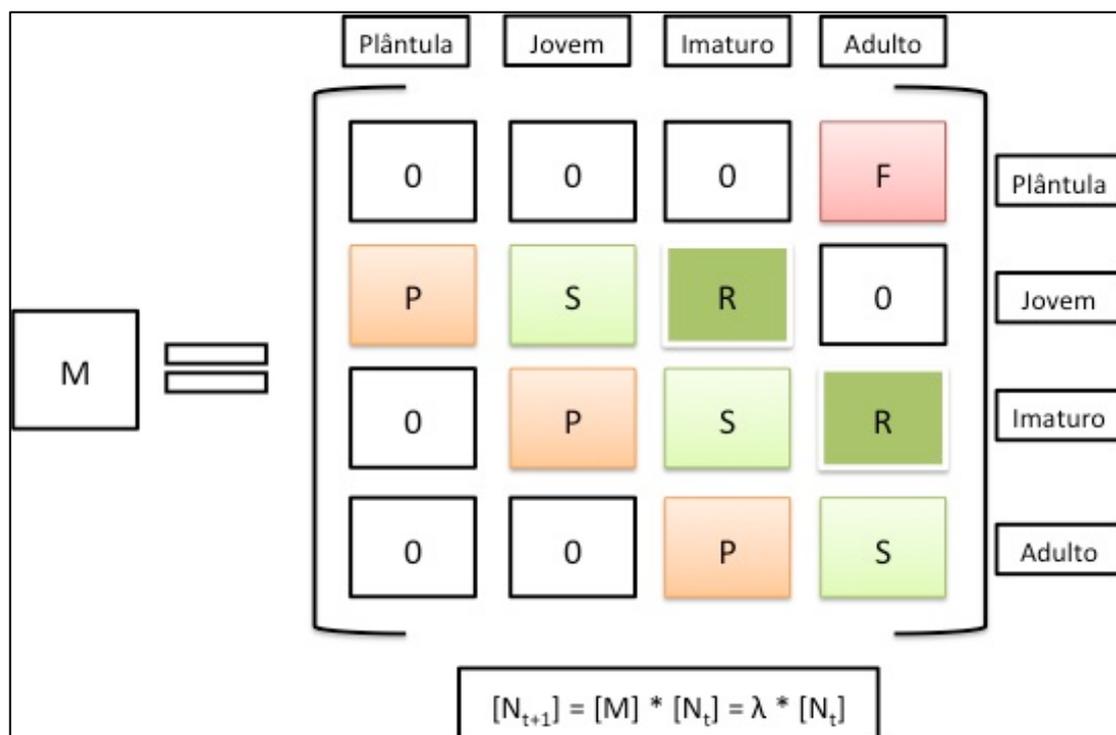


Figura 4 – Modelo de matriz determinística estruturada com base em estágios de desenvolvimento de uma espécie vegetal hipotética. Estão incluídos os quatro estágios características do desenvolvimento de grande parte de espécies arbóreas. Na matriz (M) estão representados as probabilidades dessas transições incluindo sobrevivência com permanência na mesma classe (S), passagem entre classes (P), retorno à classe anterior (R) e fecundidade/contribuição para o crescimento populacional (F).. Adaptado de Brigham e Thonson 2003 e Gurevitch et al. 2009.

Sensitividade e elasticidade: análises de perturbação da matriz

A mudança nos valores das taxas de crescimento populacionais (λ) é influenciada diretamente pelos valores expressos em cada classe/estágio estabelecida na caracterização do ciclo de vida de determinada espécie (Gurevitch et al. 2009). O foco da análise da sensibilidade e da elasticidade populacional é como esse parâmetro (λ) é modificado em função de perturbações, ou seja, sucessivas modificações nas taxas de cada estágio (Brigham e Thonson 2003). Uma de suas principais potencialidades é a indicação de estágios de desenvolvimento que merecem maior atenção das estratégias de manejo e conservação (Brigham e Thonson 2003; Kroon et al. 2000; Gurevitch et al. 2009).

A análise de sensibilidade explora a influência de diferentes taxas vitais no crescimento populacional, ou seja, informa como mudanças absolutas nas taxas vitais

de cada classe afetam as taxas de crescimento (Brigham e Thonson 2003; Gurevitch et al. 2009). Já a análise de elasticidade é uma medida de perturbação da matriz de projeção populacional (Kroon et al. 2000). Desenvolve-se sob base semelhante à sensibilidade, mas revela como as mudanças proporcionais produzem alterações em λ (Brigham e Thonson 2003; Kroon et al. 2000; Gurevitch et al. 2009). São os parâmetros, ou previsões a partir dos modelos determinísticos, estocásticos ou densidade-dependentes mais diretamente aplicados ao contexto de manejo da biodiversidade (Gurevitch et al. 2009). É preciso levar em consideração que existem certos limites, os quais são determinados pelos pressupostos que regem a análise, a saber: 1- mudanças nas taxas vitais são pequenas e não correlacionadas; 2- a sensibilidade compara parâmetros que são medidos por vezes em escalas muito diferentes. Além disso, é necessário ter ciência deles, para que sejam relativizadas as conclusões dos modelos e decisões mais acertadas sejam tomadas (Brigham e Thonson 2003).

Um recente desenvolvimento de outras estratégias tenta ultrapassar as limitações das análises de sensibilidade e elasticidade das projeções matriciais. Além de aumentar o poder de suporte às medidas de conservação e manejo, estas abordagens baseiam-se na combinação de dados oriundos das análises matriciais para inferir sobre o efeito das diferentes estratégias de manejo a serem adotadas ou das que já estão em curso. Com isso, é possível entender quais componentes (estratégias de manejo, diferenças no hábitat, fogo, etc.) são responsáveis pelas variações ou tendências de cenários futuros (Brigham & Thonson 2003, Gurevitch *et al.* 2009).

Na hipótese de estarem disponíveis dados das diferentes tempos e condições ambientais, é possível utilizar as respostas a experimentos por meio das tabelas de vida (LTRE – *life table response experiments*) (Caswel 2001; Horvitz et al. 1997) ou análises de tabelas de vida baseadas em estágios, também das diferentes condições. Uma das vantagens desta técnica é a determinação do estágio e respectiva taxa vital que mais contribuiu para diferenças em λ entre os períodos ou condições a que determinada espécie está submetida (Portela et al. 2010). Mas, uma forte barreira à execução dessas abordagens, e de muitas outras metodologias em ecologia, é a ausência de áreas controle (livres da ação do(s) fator(es) determinante(s) de variação(ões)). É preciso considerar áreas que representem gradientes da ação desses fatores. Assim, tendo em conta o seu efeito relativo.

Produtos florestais não madeireiros: efeitos da extração de frutos

O uso de PFNM's tem sido desenvolvida como uma alternativa para assegurar a subsistência de muitas populações humanas de toda sorte de ecossistemas naturais em países em desenvolvimento (Avocèvou-Ayisso et al. 2009; Gaoue e Ticktin 2009, Homma 2010, Soldati e Albuquerque 2008). Essa atividade é baseada predominantemente no extrativismo de populações nativas sem que haja o devido controle (Hall e Bawa 1993). Além disso, aspectos culturais, arraigados às práticas locais de coleta, tornam determinadas espécies importantes para a subsistência e manutenção de modos de vida. Isso pode, aliado a uma demanda em escala comercial, gerar a sobrexploração destes produtos. Estes fatores, atuando conjuntamente, podem levar as fontes naturais ao colapso (Homma 2010; Peters 1996; Peres et al. 2003).

Os recursos florestais não madeireiros são abundantes nas regiões tropicais e as florestas dessas áreas sofrem mais os efeitos das pressões extrativistas, devido à situação socioeconômica das pessoas envolvidas e diversidade de usos atribuídos às plantas (Soldati e Albuquerque 2008). O uso de frutos nativos pouco se destaca na literatura científica, pois este tipo de extrativismo é visto como um dos menos impactantes para as plantas alvo de coleta (Cunningham 2001). Este tipo de extração não necessariamente mata as plantas (Peters 1996). No entanto, a retirada de propágulos pode causar muitos efeitos em processos ecológicos chave para populações vegetais: diminuição da taxa de estabelecimento de plântulas e recrutamento, ruptura de relações com a fauna associada, variações na estrutura populacional, perda de nutrientes e consequentes quedas da produção de estruturas reprodutivas (Cunningham 2001; Peters 1996). O fato é que poucos estudos avaliaram a extração de frutos e, portanto, as implicações ecológicas desta prática ainda é pouco conhecida (Stanley et al. 2012).

Neste sentido, uma crescente preocupação em torno dessa temática tem levantado a necessidade de serem observados os padrões de extração e delimitados os limites para o extrativismo com o intuito de assegurar a sustentabilidade ambiental, principalmente em áreas onde vivem populações que dependem de recursos vegetais para sobreviver (Shahabuddin e Prasad 2004; Ticktin 2004).

As atividades extrativistas têm se tornado grandes negócios pelo mundo (Peters 1996). Rist et al. (2010) citaram que muita atenção tem sido dada aos processos de venda destes recursos. No entanto, o ponto chave desta questão passa pela análise ecológica do extrativismo, pois os efeitos, mínimos que sejam, serão sentidos e a abordagem ecológica tem muito a oferecer (Peters 1996).

Para subsidiar teórica e metodologicamente a parte inédita desta Tese, foi feito um levantamento de trabalhos nos principais buscadores de produções científicas disponíveis na base de dados do portal de periódicos assinados pela Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES 2013). Foram usadas várias palavras-chave, como por exemplo: *effects of harvesting + fruit; fruit extraction; non-timber forest products; food fruits collection*. Para que pudessem fazer parte desta revisão, as pesquisas deveriam ser desenvolvidas com plantas lenhosas, arbustivas e/ou arbóreas cuja extração de frutos se constitua em uma das práticas de coletas desenvolvidas, devendo ainda os frutos ser usados na alimentação humana, entre outras formas de aproveitamento. Foi construída uma tabela, com informações básicas dos estudos, para caracterizar o panorama em escala global dos estudos que investigaram os impactos da coleta em populações de espécies fruteiras lenhosas.

Como resultados das buscas obteve-se um total de 19 pesquisas desenvolvidas com 21 espécies, distribuídas em 17 famílias botânicas (Tabela1). A Savana africana foi o ecossistema com mais espécies pesquisadas, seguido pelo Cerrado e Amazônia. As abordagens ecológicas e socioeconômicas foram as que estiveram presentes na maior parte dos estudos analisados. Apenas dois estudos explicitaram as abordagens etnobotânica e etnoecológica.

Efeitos do extrativismo florestal na ecologia populacional de fruteiras lenhosas

O extrativismo de PFSM representa sempre algum efeito (negativo e até positivo) em populações de espécies vegetais, seja ele de qualquer natureza ou perspectiva (Cunningham 2001; Oostermeijer 2003; Peters 1994; 1996). Para indicar esta direção de pensamento, a literatura científica é vasta de exemplos de pesquisas dos efeitos da extração de PFSM nas fontes de recursos, os quais mostram a necessidade de, em alguns casos específicos, que sejam propostas mudanças nos padrões de uso dos recursos pelas populações humanas.

Entre as inúmeras ameaças às quais estão sujeitas as populações vegetais, Oostermeijer (2003) indicou que o extrativismo e a sobreexploração dos recursos naturais apresentam pequeno efeito no hábitat, o qual está relacionado ao pisoteio. No entanto, esse pequeno efeito se faz sentir nas populações vegetais através da alteração nas taxas de sobrevivência, recrutamento, crescimento e fecundidade (Oostermeijer 2003). Existem inúmeras outras fontes de pressão sobre as populações vegetais. Seus efeitos nestas entidades biológicas vão desde alterações na fenologia até depressões

nas taxas vitais, podendo estes problemas acontecer em conjunto sobre uma espécie, o que representa sérios riscos à sobrevivência no ambiente e continuidade de atividades econômicas diretamente ligadas aos recursos explorados.

Sob as perspectivas ecológica e etnobotânicas, Bhati et al. (2000) investigaram os efeitos da coleta de frutos de *M. esculenta* na região oeste da cordilheira do Himalaya – Índia, onde foi registrada uma baixa taxa de recrutamento, podendo-se ter um efeito negativo para as populações. Na região, assim como em muitas outras, fatores como o fogo, pastagens e altas pressões de coleta atuam conjuntamente, perturbando os primeiros estágios das populações de várias plantas. Para *M. esculenta*, estes fatores foram desacreditados pelos autores porque a região investigada está protegida por uma unidade de conservação. Acreditam ainda que o extrativismo não se constitua em grande ameaça, pois apontam para um cenário de promoção da coleta de frutos devido à grande produtividade da espécie. Atribuíram, portanto, o fato de ter sido observada uma baixa taxa de germinação e consequentemente um pobre recrutamento em áreas florestadas à dormência física das sementes (Bhati et al. 2000). Além disso, levantaram a hipótese do efeito de compostos fenólicos produzidos pela espécie em sua capacidade de recrutamento próximo aos membros parentais (Sun et al. 1988 *Apud* Bhati et al. 2000).

Tabela 1 – Espécies pesquisadas quanto aos efeitos do extrativismo de seus frutos, partes usadas, ecossistemas e onde foram desenvolvidas suas abordagens.

Família	Espécie	Vernáculo	Hábito	Parte usada	Ecossistema	Abordagem	Referência
						Ecológica	
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i> subsp. <i>caffra</i>	Marula	Árv	Fr, Cs, M	S	e socioeconômica	Emanuel et al. 2005
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	Árv	Fr, Cs, La	C	Ecológica e etnobotânica	Lima et al. 2013
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> (Mart.)	Açaí	Árv	Fr	A	Ecológica	Moegenburg e Levey 2003
	<i>Lodoicea maldivica</i>	Coco de mer	Árv	Fr	S	Ecológica	Rist et al. 2010
	<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	Buriti	Árv	Fr	C	Ecológica e socioeconômica	Sampaio et al. 2008
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i> Linn.	Baobab	Árv	Fr, Fo, Cs, M	S	Ecológica e etnobotânica	Dhillion e Gustad 2004
				Fr	S	Ecológica	Venter e Witkowski 2011
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi	Árv	Fr, Fo, Cs, M	C	Econômica	Oliveira 2006
						Ecológica	Zardo 2008

Tabela 1 – Cont.

						Etnoecológica	Oliveira 2009
	<i>Parinari curatellifolia</i> (Planch. ex						
Chrysobalanaceae	Benth.)	Fever tree	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Mithöfer e Waibel 2003
				Fr, Fo, Cs, M,		Ecológica	e Avocèvou-Ayisso et al.
Clusiaceae	<i>Pentadesma butyracea</i> Sabine	Kanya	Árv	Rz	S	socioeconômica	2009
	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. Ex. A.						
Ebenaceae	DC.	African ebony	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009
							Sinha e Bawa 2002,
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Amla	Árv	Fr	FDA	Ecológica e econômica	Shankar et al. 1996
	<i>Phyllanthus indofischeri</i> Bennet	Amla	Árv	Fr	FDA	Ecológica e etnobotânica	Sinha e Bawa 2002
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarind	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009
Lecythidaceae	<i>Bertholletia excelsa</i> Hunb. & Bonpl.	Castanha-do-pará	Árv	Se	A	Ecológica	Zuidema e Boot 2002
						Ecológica	Peres et al. 2003

Tabela 1 – Cont.

						Ecológica	Wadt et al. 2005
Loganiaceae	<i>Strychnos</i> sp.	Monkey orange	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Mithöfer e Waibel 2003
	<i>Myrica esculenta</i> Buch.-Ham. ex D.					Ecológica	e
Myricaceae	Don	Kaiphal	Árv	Fr	FStT	socioeconômica	Bhati et al. 2000
	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.)DC.	Water berry	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009
Phyllanthaceae	<i>Uapaca kirkiana</i> (Müll. Arg.)	WildLoquat	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Mithöfer e Waibel 2003
		Christ's Thorn,					
Rhamnaceae	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	Jujube	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009
Rosaceae	<i>Rosa abyssinica</i> Lindley.	Abysinian rose	Arb	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009
Sapotaceae	<i>Mimusops kummel</i> A. DC.	-	Árv	Fr	S	Socioeconômica	Fentahun e Hager 2009

Hábito – Árvore (Árv); Arbusto (Arb). Parte usada – Fruto (Fr); Folha (Fo); Casca (Cs); Látex (La); Madeira (M); Raíz (Rz). Ecosistema – A (Floresta Amazônica); C (Cerrado); FDA (Floresta decídua arbustiva); FstT (Floresta subtropical temperada); S (Savana).

Outros dois estudos desenvolvidos no sudoeste da Índia junto ao povo *Soliga* estudaram a extração de duas espécies: *P. emblica* e *P. indofischeri*, popularmente conhecidas por “Amla”. Os frutos destas plantas apresentavam múltiplos usos. Na região, verificou-se que a coleta tem sido realizada em escala comercial e que tal atividade pode ter efeitos negativos nestas populações vegetais se estratégias de manejo adequadas não forem postas em prática (Sinha e Bawa 2002; Shankar et al. 1996). Os autores do primeiro estudo estimaram a produção de frutos *P. emblica*, que estava positivamente correlacionada ao tamanho das árvores, em torno de 10.000 toneladas e que 13% destes eram retirados. Essas taxas de extração para fins comerciais, oficialmente registradas, tendem ao aumento: em menos de dez anos, entre 1984 e 1993, passaram de menos de 100 para mais de 550 toneladas. Outros fatores, como o consumo pela fauna e ataque de parasitas e fungos, foram citados como fortes agentes de diminuição das possibilidades de regeneração da espécie. Além disso, a coleta de frutos de *P. emblica* é feita por outros povos, que não os *Soliga*, e a que se faz para fins domésticos não foi contabilizada. Por isso há possibilidade de os autores terem subestimado o extrativismo.

Em outra oportunidade a mesma etnia foi alvo de mais pesquisas (Sinha e Bawa 2002), agora com relação à influência de suas práticas de coleta na produtividade e crescimento de populações de *P. emblica* e *P. indofischeri*, já que a demanda orientada pelo mercado fez com que as técnicas tradicionais usadas fossem substituídas por outras em que os *Soliga* usam ferramentas para o desbaste de ramos com frutos. Estas espécies sofrem altas taxas de extração de seus frutos, os quais apresentaram variações na produtividade entre os anos analisados. As taxas de exploração observadas nas duas populações ficaram em 64 e 86%, respectivamente. Embora *P. indofischeri* tenha sofrido maior taxa de exploração, *P. emblica* foi a que sofreu mais porque 5% dos indivíduos avaliados tiveram todo o ápice de suas copas cortados devido à intensidade das atividades de coleta.

Existe, entre os coletores, um padrão de atenção voltado à coleta mais intensa onde há mais indivíduos produtivos, o que parece ser orientado pelos padrões de variação na produtividade. Tal fato, na opinião dos autores, poderia atenuar o efeito da intensidade da coleta, que seguramente afeta o crescimento e a produção seguinte. Embora tenha havido uma elevada taxa de remoção por parte das pessoas, os efeitos desse extrativismo foram muito mais sentidos quando se analisaram as taxas de sobrevivência e crescimento dos indivíduos. Em suma, as atuais técnicas de coleta de

frutos estavam, em um longo prazo, comprometendo a sustentabilidade reprodutiva das populações destas espécies. Isso porque, apesar do alvo ser o fruto, as práticas extrativas podem danificar partes vegetativas.

Dentro do grupo de estudo que desenvolveram análises dinâmicas, Boot e Gullison (1995) sugeriram o desenvolvimento de várias pesquisas que seriam fundamentais para o entendimento destes processos relacionados à castanha-do-Pará (*B. excelsa*). Até meados da década de 1990, questões como a própria demografia da espécie, impactos do extrativismo no ecossistema e dispersores ainda não estavam claros (Boot e Gullison 1995). Ainda mais recentemente, a hipótese de dispersão antrópica, tão ventilada entre os que pesquisam esta espécie, não conseguiu ser confirmada devido às inconsistências e carências experimentais (Shepard Jr e Ramirez 2011). Sugeriram, portanto, que o impacto da coleta de PFNM em suas demografias poderiam ser acessados a partir de modelos matemáticos (Boot e Gullison 1995).

B. excelsa é uma espécie importante cultural e comercialmente (Peres et al. 2003; Shepard Jr e Ramirez 2011; Zuidema e Boot 2002). Segundo o IBGE (2000), o comércio de suas sementes movimentava montantes que chegam a mais de 40.000 toneladas de biomassa e mais de R\$ 50 milhões por ano, somente com o que é extraído na Amazônia brasileira. O que se depreende da análise das pesquisas sobre a castanha-do-pará é que os efeitos desse extrativismo ora são vistos como sustentáveis ora como insustentáveis. Muitos fatores, que incluem a ação pretérita do homem na estrutura das populações, agem sinergicamente e fazem do entendimento pleno sobre essa espécie uma tarefa bastante complexa (Boot e Gullison 1995; Peres et al. 2003; Shepard Jr e Ramirez 2011; Zuidema e Boot 2002). A perspectiva espacial, ou seja, a abrangência abarcada pela pesquisa foi vista como um dos fatores que afetaram fortemente a direção das análises (Peres et al. 2003; Zuidema e Boot 2002). Por se tratar de uma espécie tão importante no cenário internacional, *B. excelsa* vem sendo alvo de uma série de pesquisas com vistas a traçar um panorama acerca de sua biologia, ecologia e sustentabilidade do extrativismo (Boot e Gullison 1995; Cotta et al. 2008; Guariguata et al. 2009; Peres et al. 2003; Shepard Jr e Ramirez 2011; Zuidema e Boot 2002).

Zuidema e Boot (2002) avaliaram o impacto da extração de sementes nos aspectos da demografia de *B. excelsa* em áreas com semelhantes composições de espécies e densidades de castanheiras, mas com distintos regimes de proteção, pois uma das áreas estava incluída em uma reserva florestal. Em ambas, a coleta de

sementes de *B. excelsa* acontece há várias décadas. Nestas áreas, mais de 90% das sementes produzidas são coletadas. Mesmo assim, a taxa intrínseca de crescimento populacional ficou acima de 1, indicando que as populações estão com uma tendência ascendente com relação ao número de elementos. A partir dos dados dos padrões de dispersão das plântulas, uma interessante observação foi levantada pelos autores: os coletores atuam como dispersores, de primeira ou segunda ordem, pois abrem os frutos para levarem menos peso, deixando sementes pelo caminho e, conseqüentemente, a longas distâncias dos indivíduos parentais.

Shepard Jr e Ramirez (2011) compilaram vários indícios para testar a hipótese que sugere que a castanha-do-pará tenha sido dispersa ou tido a sua distribuição atual facilitada pelas populações indígenas primitivas da região amazônica. Entre as evidências estão: a ecologia da dispersão dessas sementes é fortemente afetada ou dependente de distúrbios humanos para o estabelecimento de novos indivíduos; algumas populações apresentam traços de domesticação incipiente e têm baixa diversidade genética.

No entanto, esta participação relativa dos seres humanos na regeneração de *B. excelsa* ainda é uma incógnita, necessitando de mais investigações. Projeções matemáticas realizadas mostraram que, para todas as áreas, foi registrada baixa sensibilidade dos valores reprodutivos à taxa de incremento populacional, sugerindo que o extrativismo da castanha-do-pará exerce um baixo impacto na manutenção e crescimento da população como um todo. Assim, considera-se que mesmo altas taxas de remoção de sementes podem ser sustentáveis pelo menos por muitas décadas (Zuidema e Boot 2002).

Em alguns locais existem evidências de que o extrativismo da castanheira está sendo conduzido de forma sustentável. Peres et al. (2003) analisaram uma série de 23 populações da Amazônia do Brasil, Bolívia e Peru. Modelagens matriciais mostraram que a exploração intensiva tem criado gargalos ao recrutamento desta espécie. Alertaram para o fato de que os padrões de coleta não são sustentáveis num longo prazo, principalmente para populações com histórico de exploração de mais de 200 anos. No entanto, para os autores, a principal e imediata ameaça à espécie não é o extrativismo e sim o desmatamento que ocorre principalmente nas regiões com maior densidade de indivíduos de *B. excelsa*.

Na África do Sul, Emanuel et al. (2005) também usaram modelos matriciais para verificar o efeito do extrativismo e definir taxas sustentáveis de coleta dos frutos

de *S. birrea*, conhecida como “marula”. A análise de populações, presentes em áreas protegidas e outras próximas à ocupação humana, mostrou que, nestas últimas, o percentual de plântulas foi maior do que nas áreas protegidas. Esta situação se deveu ao fato das pessoas plantarem as árvores tanto através de sementes quanto pelo plantio de estacas em cercas vivas. Verificou-se que esta espécie exibiu elevada produção de frutos nas regiões próximas às pessoas e uma taxa de crescimento populacional habilitando os autores a afirmarem que a coleta de “marula” poderia continuar a crescer a médio e longo prazo, permanecendo sustentável. Se a extração de frutos não representa riscos para esta população, o mesmo não se pode dizer quando se analisa a espécie a partir de todos os usos como extração de cascas e madeira para produção de lenha e estacas para cercas, que é feita majoritariamente a partir dos indivíduos masculinos. Tal fato faz despertar a atenção pelas perspectivas deletérias derivadas de um baixo *fitness* masculino em uma população vegetal (Sutherland e Delph 1984). No caso descrito anteriormente, a limitação de pólen foi expressada em baixas taxas de formação de frutos. A causa apontada pelos autores foi exatamente a baixa disponibilidade de indivíduos masculinos nas populações vegetais locais (Emanuel et al. 2005).

Esse trabalho apresenta graves problemas metodológicos com relação à construção das matrizes para aplicação dos modelos, os quais foram reconhecidos pelos próprios autores. Estes problemas se referem aos dados da demografia, obtidos a partir da construção de tabelas de vida com base apenas na distribuição diamétrica. Essa, por sua vez, foi transformada em classes de idade. Até mesmo a taxa de crescimento populacional derivou destas aproximações. Desta forma, os autores citaram que poderiam ter subestimado o número de frutos necessários para manter a espécie e a taxa de 92% de extração que fora estabelecida, sendo seguida pelos coletores, podendo fazer a planta chegar ao colapso produtivo e/ou extinção local.

Os efeitos das práticas de manejo em *A. digitata*, o “Baobab”, foram pesquisados em Mali – África. Por ser uma espécie da qual muitos PFNMs são extraídos (folhas, frutos, cascas), além da madeira, o impacto da extração de frutos ficou bastante diluído, sendo apontado como um dos fatores de menor impacto (Dhillion e Gustad 2004). O mais importante é a abertura de roças e pastagens, com o conseqüente corte dos indivíduos. A regeneração das populações se dá principalmente nas proximidades da vila estudada, pois as pessoas promovem o plantio dos frutos próximo às suas casas. Desta forma, os autores mencionaram que a espécie não está

em declínio, mas precisa de um manejo adequado para assegurar a diversidade genética das populações.

Em Benin – África, populações de *P. butyraceae* submetidas a fortes pressões extrativistas apresentaram problemas graves na distribuição das classes de diâmetro, (Avocèvou-Ayisso et al. 2009). Os autores ainda sugeriram, como futuras investigações, a utilização de modelos matemáticos para projetar cenários e estabelecer as taxas de extração que as populações suportariam. O mesmo pode ser dito com relação à *U. kirkiana* que tem grande potencial de comercialização (Mithöfer e Waibel 2003). Embora já se encontrem disponíveis bons volumes de informações acerca de sua reprodução, regeneração, aspectos de práticas de coleta e mercado de seus frutos em Malawi - África (Kadzere et al. 2006; Ngulube et al. 1997), ainda não existem trabalhos que integrem estes dados para determinar se o extrativismo está acontecendo de forma sustentável.

A contribuição relativa da extração de frutos não pode ser vista como a única ameaça às espécies. Outras pressões e formas de extrativismo como o corte madeireiro e manejo de queimadas para abertura de pastagens e áreas agriculturáveis também precisam ter suas participações esclarecidas (Oostermeier 2003).

No Cerrado brasileiro, estudos com este enfoque já foram desenvolvidos. *Caryocar brasiliense* (Oliveira 2009; Zardo 2008) teve a ecologia de suas populações estudadas em diferentes condições de manejo e em áreas protegidas, respectivamente. Fato comum a estes estudos foi o pouco tempo dispensado à avaliação da dinâmica e crescimento populacionais. Isto aconteceu principalmente por causa de limitações logísticas, temporais e financeiras para custear longos projetos ecológicos. Tendo em vista que nesta revisão estarem sendo tratadas apenas plantas arbóreas (com longos ciclos de vida), vê-se que os dados oriundos destes estudos, embora importantes para ampliar o conhecimento destas fontes de PFNM, devem ser vistos com bastante cautela.

Zardo (2008) mostrou que as populações avaliadas no estado de Goiás – BR, embora sujeitas ao extrativismo, apresentavam uma taxa de crescimento positiva. Quanto às perspectivas futuras apontadas pelas projeções do modelo, a sobrevivência dos indivíduos adultos exerce forte influência na taxa de crescimento, sendo esta afetada negativamente em cenários de forte pressão extrativista. Para este autor, as populações avaliadas podem sofrer taxas de até 57% de extração sem prejuízos para

C. brasiliense e para a fauna dependente de seus frutos, pois foi também estimado que 43% dos frutos caídos no solo são removidos pelos animais.

Oliveira (2009) também estudou *C. brasiliense*, mas no estado de Minas Gerais. Ele verificou que quanto mais densa era a comunidade vegetal no entorno das populações de pequi maior era a densidade em indivíduos. A estrutura das populações mostrou-se ajustada ao modelo do “j” invertido, apenas em uma das áreas. Para alguns autores isto é indicativo de estabilidade populacional (ver Soldati e Albuquerque 2008), mas, de acordo com as projeções apontadas pelo modelo matemático, as áreas menos florestadas deveriam apresentar pelo menos o dobro em indivíduos infantis. O que reforça derruba a tese de estabilidade populacional.

Zardo (2008) e Oliveira (2009) corroboraram o fato da dependência que a espécie tem pela sobrevivência dos adultos, pois a elasticidade da taxa de crescimento à sobrevivência dos adultos é muito alta, assim como geralmente acontece para espécies arbóreas (Franco e Silvertown 2004). Existe uma baixa fecundidade e, neste caso especificamente, uma taxa de crescimento negativa, indicando que a população como um todo está diminuindo. Para Oliveira (2009), a taxa de exploração deve ser de 36,3%, mais conservadora do que o nível registrado na região, que é de 54,7%. Respeitando-se estes limites, tanto os coletores quanto os animais, que necessitam destes frutos para sua alimentação, seriam abastecidos e seria alcançada a sustentabilidade ambiental. Com isto, permitir-se-ia a continuidade da atividade econômica a partir do extrativismo.

Outro exemplo vindo do Cerrado, com a mangaba (*H. Speciosa*), mostrou que o extrativismo dos frutos estava acontecendo de forma sustentável (Lima et al. 2013). Para essa espécie, as taxas atuais estão muito abaixo (entre 4 e 6%) do máximo que ela suportaria. Portanto, o esforço da atividade ainda pode ser incrementada, chegando aos 87%. A mangaba, assim como o pequi (*Caryocar* spp.), tem forte dependência do estágio adulto para a manutenção das populações. Na região central do Brasil existe a ocorrência de fogo espontâneo que provoca a mortalidade dos indivíduos. Neste sentido, as sugestões de manejo compreenderam a proteção dos adultos tanto pela adoção de práticas de coleta menos danosas aos ramos quanto do controle das queimadas para que não atinjam este estágio das populações (Lima et al. 2013).

Os efeitos do extrativismo dos frutos podem também alcançar as comunidades de dispersores. Dentre os estudos que tratam desta temática, vale destacar o realizado por Moegenburg e Levey (2003) a respeito do efeito do extrativismo de *Euterpe*

oleracea na taxa de visitação de frugívoros, aves em sua maioria. Os autores verificaram que indivíduos de áreas submetidas a uma taxa de extração de 75%, correspondente ao que era feito para fins comerciais, foram afetados negativamente em ambos os aspectos: número e tempo que os visitantes passavam nestas áreas. Estes visitantes eram, em sua maioria, os principais dispersores desta planta. Neste sentido, os autores sugeriram que taxas moderadas de extração fossem estabelecidas para conciliar a utilização dos frutos desta palmeira com a conservação da biodiversidade associada.

Em estudo recentemente publicado sobre a palmeira *Mauritia flexuosa* (o buriti) no Cerrado do Brasil central, Maurício Sampaio mostrou que, apesar de 70% dos frutos serem removidos, o impacto da atividade não compromete esta espécie. O fato é que, diferentemente do que acontece com o as sementes de pequi, os coletores dos frutos de buriti retiram a parte comestível sem que, com isso, danifiquem o embrião. De acordo com as recomendações, que foram desenvolvidas a partir de seu estudo e resumidas em uma cartilha distribuída entre os coletores da região, se as sementes forem retornadas às áreas de exploração pelos extrativistas, as populações de buriti seguirão em crescimento (Gardenal 2012; Sampaio et al. 2008).

A extração de frutos e seus benefícios para as populações humanas

Entre os benefícios que as populações humanas obtêm da extração de frutos podem se destacar a geração e complementação da renda familiar, segurança alimentar durante estações secas ou em épocas de fome e até mesmo promoção do papel da mulher em culturas tradicionais de países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento (Montagnini e Jordan 2005). No Brasil, a castanha-do-pará e o açaí são os dois principais exemplos, pois além de alimento de povos amazônicos são, também, importantes produtos de exportação (Montagnini e Jordan 2005). Para se ter uma ideia, o mercado atual em torno da castanha-do-pará movimenta cerca de U\$ 75 milhões/ano. O Brasil, que era o líder em quantidade extraída, recentemente ficou em segundo lugar na geração de divisas com esse comércio (U\$ 15 milhões). Atualmente a Bolívia, com U\$ 50 milhões, é o líder (Shepard Jr e Ramirez 2011).

A extração dos frutos de *M. esculenta* gera muitos recursos financeiros. É uma importante parcela da renda *per capita* anual dos moradores da região da cordilheira do Himalaya envolvidos na coleta (Bhati et al. 2000). Nessa região, as mulheres têm pouca participação na captação regular de recursos financeiros para suas famílias. Os

autores citaram que elas, juntamente às crianças, formam grande número de coletores durante a safra e trazem aos seus lares os retornos econômicos das suas atividades. Assim, foi identificada uma enorme janela de oportunidades e geração de renda a partir da constatação de que os padrões de coleta vigentes podem ser intensificados sem causar danos às populações vegetais exploradas. Ações que promovam incentivos econômicos podem fazer com que os extratores aumentem seus ganhos em mais de 100% a partir da venda de produtos processados, como geleias a partir dos frutos coletados. Porém, as dificuldades de acesso à informação por parte dos extratores parecem ser uma barreira à qualificação e alcance deste grau de organização (Bhati et al. 2000).

Em outra zona da Índia, Shankar et al. (1996) verificaram que a coleta dos frutos de *Phyllanthus emblica* é uma tarefa familiar bastante organizada, em que o pai ou chefe da família coordena e é o principal agente da coleta (subindo nas árvores e pondo abaixo os cachos de frutos que, por sua vez, são separados dos ramos pelos demais familiares). Tal atividade vem crescendo orientada por uma demanda de caráter industrial e desempenhando um importante papel na economia doméstica dos coletores. A venda dos frutos corresponde a 11% de toda a renda captada durante o ano. No entanto, a análise da cadeia produtiva da espécie mostrou que há uma repartição muito injusta para com os extratores: da venda de frutos frescos, por exemplo, apenas 1/24 do preço pago pelo consumidor final fica com os *Soliga*. Neste sentido, os autores sugerem o desenvolvimento de uma cooperativa/agroindústria para processamento dos frutos, convertendo-os em conservas e outros produtos comerciáveis. Com isto, na opinião dos autores, haveria maior geração de renda, levando a redução na quantidade de frutos extraídos (Hegde et al. 1996; Shankar et al. 1996).

Apesar de ter um grande potencial econômico, a comercialização dos frutos de *S. birrea* não foi bem explorada por Emanuel et al. (2005). Os autores apenas reportam-se a um dado de quantos moradores passaram a comercializar “marula” que passou de menos de 5% para 53% em um período de seis anos. A participação desta atividade para a geração de renda destas famílias e sua contribuição relativa ainda não são sabidas. No caso de *P. butiracea* a análise da cadeia produtiva revela um caso interessante: os coletores que também vendem derivados processados da espécie recebem a maior parte do preço final dos produtos que varia entre 47 e 80%.

O Cerrado, onde se encontram populações de *C. brasiliense*, é um cenário bastante produtivo e financeiramente promissor para comunidades rurais. Gomes (2000) citou que a extração e comercialização de produtos da região chegam a corresponder até 57% da renda anual dos trabalhadores rurais. Trata-se, portanto, de uma região com elevado potencial científico, ou seja, onde existem muitas oportunidades de desenvolvimento de estudos que verifiquem o efeito destas práticas. Isso porque, geralmente, onde ocorrem processos de comercialização de PFNM há pouco conhecimento dos impactos destas atividades (Ticktin 2004).

O pequi tem o seu mercado em franca expansão. Dados obtidos a partir de análises da comercialização mostram diferenças na contribuição relativa da extração dos seus frutos. Estas variam de 2 – 80% em Goiás (Oliveira 2006) e ficam em torno de 11% em Minas Gerais (Oliveira 2009). Variações nas estruturas das comunidades extrativistas, seus mercados e a própria abundância de recursos são algumas das explicações de tanta diferença na participação desta atividade na vida das comunidades pesquisadas.

Mithöfer e Waibel (2003) trazem um apanhado do potencial econômico gerado pela comercialização de três espécies frutíferas nativas em duas comunidades rurais no Zimbábue, na África: *U. kirkiana*, *Strychnos* sp. e *P. curatellifolia*. A renda gerada com a venda de frutos nativos é menor do que a advinda dos frutos exóticos. Mesmo assim, essa atividade correspondeu entre 5,5 e 6,4% da renda das famílias envolvidas. Nestas comunidades, *U. kirkiana* mereceu destaques por ser, entre as planas nativas, a que proporcionou maior retorno financeiro.

Por fim, Fentahun e Hager (2009) traçaram o perfil de várias espécies nativas na Etiópia, entre as quais *S. guineense*, *Z. spina-christi*, *R. abyssinica* e *M. kümmel* são fruteiras. Estas espécies têm potencial para diversificar a dieta e melhorar a segurança alimentar destas pessoas. Verificou-se que, para todas estas, existe uma boa aceitação. Aliada a campanhas de “marketing” orientadas ao comércio de produtos nativos poderia haver uma melhoria da qualidade de vida destas pessoas através da geração de renda, complementando suas necessidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem estática e rápida para caracterização das populações vegetais de interesse é muito mais frequente nas pesquisas. Isso mostra que, embora sejam, de certa forma, limitadas, os cientistas não se furtam às oportunidades de contribuir para

o desenvolvimento de avaliações da sustentabilidade do extrativismo de fruteiras. Apesar de se mostrarem importantes ferramentas para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável, as análises feitas a partir de modelos matriciais ainda são pouco populares nos estudos que investigam os efeitos do extrativismo de fruteiras lenhosas.

As perspectivas relativas à construção de estratégias de conservação de espécies alvo do extrativismo têm melhorado, pois a incorporação de novos métodos de análise dos dados têm sido fator determinante. No entanto, deve-se atentar ao fato de que bons dados (oriundos de acompanhamentos sérios e adequados às realidades e aos ciclos de vida das espécies) produzem boas e confiáveis previsões. Ao passo que levantamentos de curtos períodos (que são mais comuns, mas que também são operados/limitados por questões anteriores e externas aos desejos dos estudantes e cientistas) podem produzir tendências enviesadas com pouco poder preditivo. Em meio a tudo isso, uma coisa não se pode negar: os modelos simples podem trazer, além de tendências aparentemente óbvias, importantes informações para ampliar o entendimento biológico da espécie investigada.

Com base nos textos levantados, podem-se dividir os efeitos da extração de frutos em duas categorias básicas: neutros, segundo os padrões, taxas de exploração, produção, capacidade de regeneração dos recursos; e efetivamente negativos, mas em que o extrativismo não é o único fator determinante. Estes últimos necessitam urgentemente de mais estudos que diagnostiquem a situação e desenvolvam propostas de regulação das atividades, buscando a conciliação da manutenção do modo de vida das populações humanas e da sustentabilidade das espécies vegetais úteis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, U.P.; Sousa Araújo, T.A.; Ramos, M.A.; Nascimento, V.T.; Lucena, R.F.P.; Monteiro, J.M. & Araújo, E.L. 2009. How ethnobotany can aid biodiversity conservation: reflections on investigations in the semi-arid region of NE Brazil. **Biodiversity and Conservation** **18**: 127-150.

Araújo, E.L. **Aspectos da dinâmica populacional em floresta tropical seca (Caatinga), Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas, SP. 1998. 95f.

Arnold, J.E.M., Pérez, M.R. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? **Ecological Economics** **39**: 437-447.

Avocèvou-Ayisso, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G. & Van Damme, P. 2009. Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. **Forest Ecology and Management** **257**: 1930-1938.

Baldauf, C.; Kubo, R.R.; Hanazaki, N. & Souza, G.C. 2009. O projeto samambaia-preta e a busca de uma relação dialógica entre pesquisadores e extrativistas. Pp. 75-98. In: Araújo, T.A.S. & Albuquerque, U.P. (Orgs.). **Encontros e desencontros na pesquisa etnobiológica e etnoecológica: os desafios do trabalho de campo**, Recife – NUPEEA.

Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2007. **Ecologia de indivíduos e ecossistemas**. 4ª Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre.

Bhati, I.D.; Rawal, R.S. & Dhar, U. 2000. The availability, fruit yield, and harvest of *Myrica esculenta* in Kumaun (West Himalaya), India. **Mountain Research and Development** **20**: 146-153.

Boot, R.G. & Gullison, R.E. 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. **Ecological applications** **5**: 896-903.

Brigham, C.A. & Thomson, D.M. 2003. Approaches to modeling population viability in plants: an overview. In: Brigham CA, Schwartz MW (eds) **Population viability in plants**. Springer-Verlag, Berlin, pp 145-171.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). 2013. **Portal periódicos CAPES**. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br>, acessado em 08 de julho de 2013.

Caswell, H. 2001. **Matrix population models**. 2º ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

- Cochran, M.E. & Ellner, S. 1992. Simple methods for calculating age-based life history parameters for stage-structured populations. **Ecological Monographs** **62**: 345–364.
- Condit, R.; Sukumar, R.; Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1998. Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. **American Naturalist** **152**: 495-509.
- Cotta, J.N., Kainer, K.A. & Wadt, L.H.O., Staudhammer, C.L. 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. **Forest Ecology and Management** **256**: 28-35.
- Crone, E.E.; Menges, E.S.; Ellis, M.M.; Bell, T.; Bierzychudek, P.; Ehrlén, J.; Kaye, T.N.; Knight, T.M.; Lesica, P. & Morris, W.F. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? **Ecology Letters** **14**: 1-8.
- Cunningham, A.B. 2001. Opportunities and constraints on sustainable harvest: plant populations. Pp. 144-191. In: A.B. Cunningham. **Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation**. London, Earthscan Publications Ltd.
- Dhillon, S.S. & Gustad, G. 2004. Local management practices influence the viability of the baobab (*Adansonia digitata* Linn.) in different land use types, Cinzana, Mali. **Agriculture, ecosystems and environment** **101**: 85-103.
- 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.
- Feitosa, I.S. **Etnobotânica e extrativismo de *Stryphnodendron coriaceum* Benth. na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2012. 83f.
- Fentahun, M.T. & Hager, H. 2009. Exploiting locally available resources for food and nutritional security enhancement: wild fruits diversity, potential and state of exploitation in the Amhara region of Ethiopia. **Food Security** **1**: 207-219.

Franco, M. & Silvertown, J. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. **Ecology** **85**: 531-538.

Gaoue, O.G. & Ticktin, T. 2007. Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: Variation across ecological regions and its impacts on population structure. **Biological Conservation** **137**: 424-436.

Gaoue, G.O. & Ticktin, T. 2009. Fulani knowledge of the ecological impacts of *Khaya senegalensis* (Meliaceae) foliage harvest in Benin and its implications for sustainable harvest. **Economic Botany** **63**: 256-270.

Gardenal, I. 2012. Os muitos frutos da 'árvore da vida'. **Jornal da UNICAMP** **3**. Campinas, julho de 2012.

Gomes, L.J. 2000. Extrativismo e biodiversidade: o caso da favad'anta. **Ciência Hoje** **27**: 66-69.

Guariguata, M.R.; Licona, J.C.; Mostacedo, B. & Cronkleton, P. 2009. Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Northern Bolivia. **Forest Ecology and Management** **258**: 788-793.

Gurevitch, J.; Scheiner, S.M. & Fox, G. **Ecologia vegetal**. 2º ed. Tradução Fernando Gertum Becker ... [et al.]. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Gustard, G.; Dhillion, S.S. & Sidibé, D. 2004. Local use and cultural and economic value of products from trees in the parklands of the municipality of Cinzana, Mali. **Economic Botany** **58**: 578-587.

Hall, P. & Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber forest products on plant populations. **Economic Botany** **47**: 234-247.

Hegde, R.; Suryaprakash, S.; achoth, L. & Bawa, K S. 1996. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan hills, India. 1. Contribution to rural income. **Economic Botany** **50**: 243-251.

Homma, A.K.O. 2010. O crescimento do mercado como mecanismo de desagregação da economia extrativa. In: V.A., Silva; A.L.S., Almeida & U.P., Albuquerque (Org.).

Etnobiologia e etnoecologia: pessoas & natureza na América Latina. Série atualidades em Etnobiologia e etnoecologia, Primeira edição, Recife, NUPEEA.

Horvitz, C.; Schemske, D.W. & Caswell, H. 1997. The relative “importance” of life-history stages to population growth: prospective and retrospective analyses. **Structured-population models in marine, terrestrial, and freshwater systems** 247: 271.

IBGE, 2000. **Censo demográfico 2000** - Dados do universo. Rio de Janeiro.

Kadzere, I.; Watkins, C.B.; Merwin, I.A.; Akinnifesi, F.K.; Saka, J.D.K. & Mhango, J. 2006. Harvesting and postharvest handling practices and characteristics of *Uapaca kirkiana* (Muell. Arg.) fruits: a survey of roadside markets in Malawi. **Agroforestry Systems** 68: 133-142.

Keith, D. A.; Akçakaya, H. R.; Thuiller, W.; Midgley, G. F.; Pearson, R. G.; Phillips, S. J.; Regan, H. M.; Araújo, M. B. & Rebelo, T. G. 2008. Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. **Biology Letters** 4: 560-563.

Klink, C. A. e Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1: 147-155.

Kroon, H.; Van Groenendael, J. & Ehrlén, J. 2000. Elasticities: a review of methods and model limitations. **Ecology** 81: 607-618.

Lima, I.L.P.; Scariot, A. & Giroldo, A.B. 2013. Sustainable Harvest of Mangaba (*Hancornia speciosa*) Fruits in Northern Minas Gerais, Brazil. **Economic Botany** 67: 234-243.

Lykke, A.M. 1998. Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants' size class distributions and local information. **Biodiversity and Conservation** 1275: 1261-1275.

Menges, E.S. 2000 Population viability analysis in plants: challenges and opportunities. **Trends in Ecology and Evolution** 15: 51-56.

- Mithöfer, D. & Waibel, H. 2003. Income and labor productivity of collection and use of indigenous fruit tree products in Zimbabwe. **Agroforestry Systems** **59**: 295-305.
- Moegenburg, S.M. & Levey, D.J. 2003. Do frugivores respond to fruit harvest? An experimental study of short-term responses. **Ecology** **84** : 2600-2612.
- Montagnini, F. & Jordan, C.F. **Tropical forest ecology: the basis for conservation and management**. Verlag, Springer. 2005.
- Ngulube, M.R.; Hall, J.B. & Maghembe, J.A. 1997. Fruit, seed and seedling variation in *Uapaca kirkiana* from natural populations in Malawi. **Forest Ecology and Management** **98**: 209-219.
- Obiri, J; Lawes, M. & Mukolwe, M. 2002. The dynamics and sustainable use of high-value tree species of the coastal Pondoland forest of the Eastern Cape Province, South Africa. **Forest Ecology and Management** **166**: 131-148.
- Odum, E. P. 1988. **Ecologia**. Tradução: Christopher J. Tribe. Supervisão da tradução: Ricardo Iglesias Rios. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, c. 434 p., il. Título do original em inglês: Basic ecology.
- Odum, E.P. & Barret, G. 2008. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo, Cengage learning.
- Oliveira, E. 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. 294f.
- Oliveira, W. L. 2009. **Ecologia populacional e extrativismo de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb no Cerrado do Norte de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil. 82f.
- Oliveira, M. E. B., Guerra, N. B., Barros, L.M. & Alves, L. E. 2008. **Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 32 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 113).

Oostermeijer, J.G.B. 2003. Threats to rare plant persistence. In: Brigham CA, Schwartz MW (eds) **Population viability in plants**. Springer-Verlag, Berlin, pp 17-58.

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. **Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: an ecological primer**. Biodiversity Support Program, Washington, DC, 1994.

Peters, C.M. 1996. Observation on the sustainable exploitation of non-timber tropical forest products. An ecologist's perspective. Pp. 19-39. In: Ruiz-Perez, M. & Arnold, J.E.M. (eds.). **Current issues in non-timber forest products research**. Bogor, CIFOR.

Portela, Q.R.C., Bruna, E.M. & Santos F.A.M. 2010. Are protected areas really protecting populations? A test with an Atlantic rain forest palm. **Tropical Conservation Science** **3**: 361-372.

Prance, G.T.; Medeiros, H.; Amorim, A.M.A. Caryocaraceae. in: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 22 Jan. 2014.

Ricklefs, R.E. 1996. **A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica**. Rio de Janeiro, Guanabara/Koogan 357-358.

Rist, L.; Kaiser-Bunbury, C.N.; Fleischer-Dogley, F.; Edwards, P.; Bunbury, N. & Ghazoul, J. 2010. Sustainable harvesting of coco de mer, *Lodoicea maldivica*, in the Vallée de Mai, Seychelles. **Forest Ecology and Management** **260**: 2224-2231.

Sampaio, M.B.; Schmidt, I.B. & Figueiredo, I.B. 2008. Harvesting effects and population ecology of the buriti palm (*Mauritia flexuosa* L. f., Arecaceae) in the Jalapão Region, Central Brazil. **Economic Botany** **62**: 171-181.

- Schmidt, I.B. & Ticktin, T. 2012. When lessons from population models and local ecological knowledge coincide—Effects of flower stalk harvesting in the Brazilian savanna. **Biological Conservation** **152**: 187-195.
- Schwartz, M.W. 2003. Assessing population viability in long-lived plants. In: Brigham CA, Schwartz MW (eds) **Population viability in plants**. Springer-Verlag, Berlin, pp 239-266.
- Shahabuddin, G. & Prasad, S. 2004 Assessing ecological sustainability of non-timber forest produce extraction: the Indian scenario. **Conservation and Society** **2**: 235-250.
- Shankar; Murali, K.S.; Uma Shaanker, R.; Ganeshaiyah, K.N. & Bawa, K.S. 1996. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan hills, India. 3. Productivity, extraction and prospects of sustainable harvest of amla *Phyllanthus emblica*, (Euphorbiaceae). **Economic Botany** **50**: 270-279.
- Shepard Jr, G.H. & Ramirez, H. 2011. “Made in Brazil”: human dispersal of the brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. **Economic Botany** **65**: 44–65.
- Silvertown, J. 2004. Sustainability in a nutshell. **Trends in Ecology and Evolution** **19**: 276-278.
- Sinha, A. & Bawa, K.S. 2002. Harvesting techniques, hemiparasites and fruit production in two non-timber forest tree species in south india. **Forest Ecology and Management** **168**: 289-300.
- Soldati, G.T. & Albuquerque, U.P. 2008. non-timber forest products: an overview. **Functional Ecosystems and Communities** **2**: 21-31.
- Soldati, G.T. & Albuquerque, U.P. 2010. Impact assessment of the harvest of a medicinal plant (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan). **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management** **6**: 106-118.

Stanley, D.; Voeks, R. & Short, L. 2012. Is non-timber forest product harvest sustainable in the less developed world? A systematic review of the recent economic and ecological literature. **Ethnobiology and Conservation** **1**: 9-48.

Sun, D.W.; Zhaw, W.C.; Wang, H. & Foo, L.Y. 1988. Tannins and other phenols from *Myrica esculenta* bark. **Phytochemistry** **27**: 579-583.

Sutherland, S & Delph, L.F. 1984. On the importance of male fitness in plants: patterns of fruit set. **Ecology** **65**: 1093-1104.

Tabuti, J.R.S. 2007. The uses, local perceptions and ecological status of 16 woody species of Gadumire Sub-county, Uganda. **Biodiversity and Conservation** **16**: 1901-1915.

Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology** **41**: 11-21.

Venter, S. M. & Witkowski, E.T.F. "Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production in communal and conservation land-use types in Southern Africa. **Forest Ecology and Management** **261**: 630-639.

Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Gomes-Silva, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertoletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management** **211**: 371-384.

Zardo, R.N. 2008. **Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (*Caryocar brasiliense*) no Cerrado do Brasil Central**. Dissertação de Mestrado Universidade de Brasília – Pós-Graduação em Ecologia. 62p.

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.

Manuscrito 1 – Estrutura populacional e produção de frutos de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.): bases para um plano de conservação e uso sustentável de uma espécie ameaçada no cerrado brasileiro.

Título resumido: Estrutura populacional e produção de frutos de *C. coriaceum*

Artigo será enviado ao periódico *Economic Botany*

1 **Estrutura populacional e produção de frutos de pequi (*Caryocar coriaceum***
2 **Wittm.): bases para um plano de conservação e uso sustentável de uma espécie**
3 **ameaçada no cerrado brasileiro.**

4

5 Alyson L.S. Almeida^{1,*}, Gilney C. Santos¹, Suelma R. Silva², Elcida L. Araújo³ e
6 Ulysses P. Albuquerque^{1,3}

7

8 1- Laboratório de Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA), Universidade Federal
9 Rural de Pernambuco.

10 2- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Centro
11 Nacional de Pesquisa e Conservação da biodiversidade do Cerrado e Caatinga-
12 CECAT, Brasília-DF, Brasil. CEP 70.670-350.

13 3- Professor Associado, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
14 Departamento de Biologia, Área de Botânica. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois
15 Irmãos, Recife-PE, Brasil. CEP 52171-900.

16 * alysonluiz@gmail.com

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26 **Resumo:** O pequizeiro (*Caryocar coriaceum* Wittm.) é uma espécie frutífera nativa
27 do Cerrado brasileiro, cuja extração de frutos representa fonte de renda e nutrientes
28 para milhares de famílias. Diante da carência de informações específicas que
29 suportem um plano de conservação para a espécie, este estudo comparou a estrutura
30 populacional, a germinação *in situ* e o sucesso reprodutivo em três fisionomias da
31 Floresta Nacional do Araripe (FLONA): cerrado *strictu sensu*, cerradão e floresta
32 úmida semiperenifólia. Com uma densidade populacional chegando a 38ind./ha, as
33 populações, de modo geral, apresentam padrão agregado de distribuição e não se
34 ajustaram ao modelo do “J” invertido devido ao baixo número de elementos nos
35 estádios iniciais, indicando problemas na regeneração natural. A associação de fatores
36 como a baixa taxa de germinação e a crescente pressão extrativista que a região vem
37 sofrendo delinea uma tendência de declínio nos tamanhos populacionais no futuro, já
38 que foram encontradas poucas plântulas em 3,36ha monitorados. A média de frutos
39 por indivíduo foi de 31,8 e não variou entre as fisionomias, permitindo estimar em
40 2.000 toneladas de frutos e 549 ton. de putâmens a produtividade anual das
41 fisionomias cerrado e cerradão, que cobrem cerca de 80% da FLONA. Há
42 divergências entre os registros oficiais sobre a extração de frutos, entretanto, indicam
43 que a sustentabilidade desta atividade teria sido ultrapassada desde meados da década
44 de 1990. Assim, a integração entre pesquisadores, gestores e os extrativistas é
45 fundamental para a formulação de novos acordos objetivando o uso sustentável do
46 pequi no contexto da FLONA.

47

48 **Palavras-chave:** Produtos florestais não madeireiros, Cerrado, Unidades de
49 conservação, Ecologia aplicada, Produtos da biodiversidade brasileira.

50

51 **Abstract:** The pequizeiro (*Caryocar coriaceum* Wittm.) is a native fruit species from
52 the Brazilian Savana, whose fruit harvesting is a source of nutrients and cash income
53 for thousands of families. Considering the lack of specific information supporting a
54 conservation plan for the species, this study compared the population structure,
55 germination *in situ* and reproductive success in three physiognomies of Araripe
56 National Forest (FLONA). With a population reaching 38ind./ha, populations
57 generally have aggregated pattern of distribution and did not fit the model of the
58 inverted "J" due to the low number of elements in the initial stages, indicating
59 problems in natural regeneration. The combination of factors such as low germination

60 rate and the increasing exploitation pressure that the region is suffering outlines a
61 trend of decline in population size in the future, as few seedlings were found in 3.36
62 ha monitored. The average number of fruits per individual was 31.8 and did not vary
63 between the areas, allowing the estimate at 2,000 tons. and 549 tons of putâmens of
64 the annual productivity of the cerrado and cerrado physiognomies, covering about
65 80% of the National Forest. There are discrepancies between official records on the
66 extraction of fruit, however, indicate that the sustainability of this activity would have
67 been outdated since the mid-1990s. Thus, the integration between researchers,
68 managers and extraction is critical to the formulation of new agreements to promote
69 the sustainable use of pequis in the context of the National Forest.

70

71 **Keywords :** non-timber forest products ,Cerrado, Protected Areas, applied ecology,
72 products of Brazilian biodiversity.

73

74 **INTRODUÇÃO**

75 A coleta de estruturas reprodutivas, particularmente dos frutos, tem sido
76 reconhecida como uma das atividades que menos impacta as populações vegetais alvo
77 da ação humana (Cunningham 2001; Ticktin 2004). No entanto, alguns estudos têm
78 mostrado que muitas vezes faltam informações básicas que suportem tal afirmação
79 (Rist et al. 2011). Além disso, as reais taxas de coleta não são conhecidas para a
80 maioria das plantas úteis. Para muitas já se têm formado mercados consumidores que
81 operam a magnitude da pressão numa lógica financeira dissociada dos padrões de
82 oferta ou reposição dessas fontes de recursos (Homma 2010; Rist et al 2010).

83 O uso sustentável deste produto florestal não madeireiro é uma demanda
84 urgente nas pautas de gestores e comunidades dependentes dos ativos ambientais.
85 Nesse processo é preciso entender os padrões de disponibilidade, bem como os efeitos
86 das atividades humanas sobre os produtos do extrativismo (Avocèvou-Ayisso et al.
87 2009; Cunningham 2001). Muitas vezes são usadas estratégias de captura de dados
88 em uma perspectiva estática para avaliar a situação e tomar decisões de manejo (Hall

89 e Bawa 1993; Likke 1998). Por isso, este estudo pretende fornecer dados para o
90 desenvolvimento de estratégias de uso sustentável do pequi (*Caryocar coriaceum*
91 Wittm. - Caryocaraceae), espécie em perigo de extinção (Prance et al. 2014), em uma
92 unidade de conservação federal localizada no nordeste brasileiro. Essa planta é uma
93 fruteira arbórea, nativa do Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, considerado um
94 dos *hotspots* de biodiversidade no mundo (Myers et al. 2000).

95 A Chapada do Araripe é a principal zona de ocorrência de *C. coriaceum*
96 (Bezerra 2004). Os frutos são o principal alvo de extração e base das principais
97 formas de aproveitamento, especialmente medicinal e alimentício (Agra et al. 2007;
98 Oliveira et al. 2008). O consumo dos frutos na culinária local está associado à
99 identidade cultural de muitas comunidades nessa região. O extrativismo dos frutos
100 alimenta um crescente comércio com abrangência regional, gerando complementação
101 de renda para muitas famílias todos os anos durante a safra, que se estende de janeiro
102 a março (Bezerra 2004; Gonçalves 2007).

103 Grande parte dos dados disponíveis na literatura sobre *C. coriaceum* estão
104 restritos a parâmetros estruturais, oriundos de levantamentos fitossociológicos nos
105 domínios da zona de distribuição da espécie, os quais descreveram comunidades
106 vegetais em fisionomias de cerrado no nordeste do Brasil (Conceição e Castro 2009,
107 Costa e Araújo 2007, Lindoso et al. 2009, Medeiros e Walter 2012, Mesquita e Castro
108 2007, Paula et al. 1998). Devido à natureza dessas pesquisas, não se pode depreender
109 outras informações ou relações que não a importância relativa da espécie, que esteve
110 entre as dominantes nas comunidades florestais avaliadas. Atualmente, não há
111 informações na literatura sobre padrões de frutificação da espécie. Estudos
112 envolvendo outra espécie do mesmo gênero mostraram que havia variação interanual
113 na frutificação em função de variáveis como o acumulado de chuvas, fitofisionomia e

114 alta proporção de indivíduos imaturos nas populações (Zardo e Henriques 2011). A
115 despeito das evidências de susceptibilidade do grupo *Caryocar* a algumas variáveis
116 ambientais, a pressão de coleta do pequi na Chapada do Araripe tem se intensificado
117 nos últimos anos (IBGE 2013, Oliveira et al. 2008). A quantidade extraída só tem
118 aumentado. Dobrou em dez anos, alcançando 4.500 toneladas de putâmens em 2011
119 (IBGE 2013). Essa pressão de coleta pode ocasionar problemas futuros para a
120 manutenção do uso do recurso (Zuidena e Boot 2002).

121 Dessa forma, existem lacunas no conhecimento sobre a biologia e ecologia da
122 espécie, assim como para a maioria dos recursos florestais não madeireiros (Venter e
123 Witkowski 2011). Isso impossibilita o desenvolvimento de estratégias de conservação
124 e uso suportadas por evidências científicas.

125 O entendimento dos fatores relacionados à história de vida e padrões de
126 disponibilidade dos PFNM, a partir da análise da estrutura populacional e produção de
127 frutos, são fundamentais, em uma perspectiva estática de avaliação, no
128 reconhecimento de tendências futuras e direcionamento de estratégias eficientes de
129 conservação biológica (Cunningham 2001; Gaoue e Ticktin 2009; Solbrig 1980; Wadt
130 et al. 2005).

131 Diante desse cenário, esta pesquisa fornece informações específicas sobre a
132 ecologia do pequi em sua principal zona de ocorrência. Os questionamentos
133 norteadores do trabalho foram: Os parâmetros estruturais (densidade, altura e DNS),
134 produção de flores e frutos e a germinação em condições naturais variam em função
135 da fisionomia florestal? A produtividade média, estimada na safra 2011-2012, é
136 suficiente para suportar, segundo os registros oficiais, o extrativismo do pequi na
137 região da Floresta Nacional do Araripe? Estas informações embasarão o
138 desenvolvimento de estratégias de conservação e uso sustentável a partir dos dados

139 dessa unidade de conservação federal.

140 MATERIAL E MÉTODOS

141 **Área de estudo** – O Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade
142 (ICMBio) concedeu autorização para a execução desta pesquisa em Unidade de
143 Conservação Federal sob o número: 27085-1/2011. A pesquisa foi desenvolvida na
144 Floresta Nacional do Araripe (FLONA) que foi a primeira unidade de conservação
145 (UC) de uso sustentável a ser estabelecida no Brasil (Decreto-Lei Nº 9.226 de
146 2/05/1946). Suas principais características são a cobertura florestal
147 predominantemente formada por espécies nativas, objetivando, desde que
148 fundamentado por plano de manejo específico, ser fonte de exploração de recursos
149 florestais não madeireiros (Brasil 2000). Está situada na região sul do estado do
150 Ceará, nordeste do Brasil, sobre a Chapada do Araripe (07°11'42" a 07°28'38" S e
151 39°13'28" a 39°36'33" W), abrangendo cerca de 38.500 hectares (Figura 1). As
152 altitudes variam entre 870 e 970 metros, o relevo é tabular e recebe, em média, 1.043
153 milímetros (mm) de chuvas por ano. As chuvas são concentradas entre dezembro e
154 abril, com pico em março e período seco dura entre cinco e sete meses, com escassez
155 crítica entre julho e setembro. Segundo o sistema de classificação de Köppen, o clima
156 é o Tropical quente úmido (Aw) com temperatura média anual entre 24 e 26 °C
157 (Cavalcanti e Lopes 1994; INMET 2013).

158 Solos do tipo Latossol amarelo e Latossol vermelho-amarelo são encontrados
159 na FLONA. São profundos e com boa drenagem, apresentando baixa fertilidade,
160 elevada acidez e teores tóxicos de alumínio. Estas características edáficas em
161 conjunto, determinam um conjunto de fitofisionomias, todas em união, conhecidas
162 como cerrado, a saber: cerrado *sensu stricto*, cerradão, carrasco, áreas de transição

163 entre floresta úmida semiperenifólia (FUSp) – cerrado *sensu stricto* e FUSp
164 propriamente dita (Bezerra 2004).

165 As áreas de cerrado, cerradão e FUSp cobrem cerca de 90% da FLONA, sendo
166 muito acessadas para coleta dos frutos de pequi. Por isso foram as regiões abarcadas
167 pela pesquisa. No cerrado encontra-se vegetação de porte baixo com sinais de estado
168 inicial de regeneração em função de incêndios florestais causados pelas pessoas. O
169 solo, do tipo arenoso-argiloso, em algumas partes fica totalmente descoberto. O
170 cerradão diferencia-se do cerrado por apresentar uma fisionomia florestal mais
171 fechada. Apresenta solos mais úmidos cobertos com uma camada de serrapilheira
172 mais densa do que nas áreas de cerrado. Como no cerrado, há a presença das
173 herbáceas formando touceiras mais proeminentes. A floresta úmida semiperenifólia
174 (FUSp) apresenta vegetação de porte elevado e dossel bastante fechado, o que faz
175 com que a área seja muito sombreada, tendo um sub-bosque pouco evidente. O solo é
176 totalmente coberto por uma densa camada de serrapilheira, o que constitui um dos
177 principais pontos que diferencia essa fisionomia das demais.

178 Os solos da classe Latossol distrófico foram associados principalmente às
179 fisionomias cerrado *sensu stricto* e cerradão, as quais cobrem mais de 80% da área da
180 UC. A flora é estimada em cerca de 188 espécies de angiospermas, sendo Fabaceae
181 (31spp.), Rubiaceae (17), Asteraceae (14) e Bignoniaceae (10) as famílias mais
182 representativas (Silva et al. 2012).

183 Embora seja permitida a exploração de produtos florestais não madeireiros, a
184 ocupação humana no interior da unidade é proibida. No seu entorno existem cerca de
185 vinte comunidades, onde residem cerca de 230 mil pessoas (IBGE 2000). A periferia
186 da UC representa uma grande pressão extrativista que vem sendo historicamente
187 exercida pelas comunidades. Muitas famílias conseguem parte do seu sustento através

188 da agricultura familiar, pequenas criações de animais e do extrativismo dos frutos do
189 pequi (*C. Coriaceum*), fava-d'anta (*Dimorphandra gardneriana* Tul.), mangaba
190 (*Hancornia speciosa* Gomes.), e do látex de Janaguba (*Hymathanthus drasticus*
191 (Mart.) Plumel) (Bezerra 2004). O resultado do extrativismo desses principais
192 produtos é geralmente vendido nos mercados locais da região do Araripe ou, no caso
193 da janaguba, segue para indústrias farmacêuticas.

194

195 **Montagem das parcelas** - Como não existem, no interior da UC, áreas livres da
196 pressão de coleta de frutos, todas as áreas amostradas e os dados oriundos delas são
197 resultado da interação sinérgica do extrativismo de frutos e diversas outras variáveis
198 bióticas e abióticas. No interior da UC foram amostradas áreas de três diferentes
199 fisionomias florestais: cerrado, cerradão e FUSp. A fisionomia carrasco, embora
200 ocorra na FLONA, não foi contemplada devido a inexpressiva presença do
201 pequizeiro.

202 A coleta de dados aconteceu em seis parcelas permanentes (50x200m,
203 divididas em duas faixas de sete subparcelas de 20x20m cada, distantes 10m entre si),
204 sendo duas em cada fisionomia, totalizando uma área amostral de 3,36 hectares. Para
205 efeito das análises os dados foram agrupados por fisionomia, estando as subparcelas a
206 pelo menos 200 metros de distância de grandes bordas (estradas ou grandes trilhas).

207

208 **Caracterização abiótica** – A coleta desses solos foram feitas em uma área por
209 fitofisionomia. Para isso percorreu-se as parcelas em “zig-zag” para retirar três duas
210 amostras de solo, sendo cada uma compostas por cinco subamostras, a uma
211 profundidade entre 20 e 30 cm. Tomou-se o cuidado de limpar a superfície dos locais
212 escolhidos, removendo as folhas e outros detritos. Essas subamostras foram

213 acondicionadas foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos para
214 posterior análise de fertilidade e de carbono orgânico total de acordo com o protocolo
215 metodológico descrito em EMBRAPA (2011).

216 Os três ambientes apresentam solos bem semelhantes. Qualquer diferença
217 encontrada entre as fitofisionomias não é devido à fertilidade do solo, ou seja, as
218 diferenças encontradas, na prática, não interferem na saúde das plantas. Quanto ao
219 aspecto químico, em geral as fisionomias não apresentam diferenças significativas
220 entre si, exceto pela acidez potencial que foi maior na FUSp ($H=10,02$; $p=0,0067$). Os
221 solos apresentam alta acidez e teores de P, K, Ca, Mg muito baixos. Os teores de
222 matéria orgânica variam de médio a alto, mas a situação da acidez diminui a
223 mineralização destes locais. A quantidade de alumínio nos solos é considerada tóxica
224 (Bezerra 2004).

225 Para verificar diferenças na incidência de luz foi usado um luxímetro digital
226 (Marca: Minipa; Modelo: MLM 1011; sensor de 2,6 cm de diâmetro) com o qual se
227 mediu a luminosidade na faixa visível do espectro que atinge o solo. O equipamento
228 foi ajustado para mostrar o resultado equivalente a 100 vezes o valor da leitura. As
229 medições foram realizadas em maio de 2013, sendo cinco leituras, a 1,2 m do solo,
230 em cada um dos vértices e no centro das subparcelas, em dias de céu claro e no
231 horário de maior incidência solar (12:00 - 13:00h). Com esses dados testaram-se
232 diferenças entre as fisionomias, além da correlação dessa variável com parâmetros
233 estruturais das populações.

234

235 **Estrutura e dinâmica populacional** - foram marcados todos os indivíduos de pequi
236 presentes nas parcelas, os quais tiveram a altura e a circunferência ao nível do solo

237 (CNS) medidas com fita dendrométrica e a localização geográfica registrada (Araújo
238 e Ferraz 2010; Hall e Bawa 1993).

239 Os indivíduos foram classificados em quatro estádios de desenvolvimento:
240 plântulas que apresentavam caule herbáceo (sem lignificação) e presença das folhas
241 cotiledonares; jovens com ramificação primária e caule lignificado; imaturos com
242 ramificações secundárias; e adultos que tinham iniciado a produção de flores e/ou
243 frutos (Araújo 1998).

244

245 **Produção de flores e frutos-** durante a floração do pequi, em outubro de 2011,
246 estimou-se o número médio de flores por inflorescência e o sucesso reprodutivo pré-
247 emergente, através do monitoramento de 65 inflorescências em pré-antese de 13
248 indivíduos de *C. Coriaceum*. O dados foram coletados apenas na fisionomia cerrado,
249 já que no cerradão e FUSp os ramos floridos estavam inacessíveis.

250 Para estimar a produtividade média de frutos por indivíduo foram realizadas,
251 antes do início da fase de maturação (caracterizada pela queda de frutos), contagens
252 diretas em campo nos indivíduos presentes nas parcelas de cerrado e cerradão durante
253 a safra 2011-12, seguindo metodologia adotada por Shankar et al. (1996) e Schwartz
254 et al. (2002). Nas parcelas da FUSp não havia indivíduos frutificando naquela safra.
255 Utilizaram-se os dados das fisionomias cerrado e cerradão (safra 2011-12) para
256 determinar a proporção de adultos frutificando em cada fisionomia.

257 Dados de estudos anteriores realizados na mesma região, como a quantidade
258 média de putâmens e peso do fruto e putâmens frescos (Souza Júnior et al. 2013),
259 foram usados para comporem as estimativas de produção de frutos de *C. coriaceum*.
260 Estes cálculos levaram em consideração a densidade populacional de adultos nas
261 fisionomias, a proporção desses indivíduos frutificando nas fisionomias e a área

262 ocupada por cada fisionomia de acordo com informações do plano de manejo da UC.
263 Dados sobre o extrativismo vegetal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
264 (IBGE) mostram a região sul do Ceará, mais especificamente os municípios de que a
265 FLONa faz parte, é responsável por quase todo o extrativismo de *C. coriaceum* na
266 região Nordeste.

267

268 **Germinação *in situ***– um experimento em condições de campo foi conduzido em três
269 das seis parcelas, sendo uma por fisionomia. Em maio de 2011 foram semeados, ao
270 longo da margem da parcela, dez blocos equidistantes contendo cinco putâmens com
271 polpa fresca enterrados a dez centímetros de profundidade e distando 15 cm entre si
272 (Oliveira et al. 2008). O número de germinantes foi registrado mensalmente durante
273 18 meses. O índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de
274 germinação ou velocidade de emergência (VG) foram calculados, de acordo com as
275 fórmulas propostas por Maguire (1962) e Edmond e Drapada (1958).

276

277 **Análise de dados** - a normalidade nos dados foi verificada através do teste de
278 distribuição de frequências de Shapiro-Wilk. Diferenças estruturais foram analisadas
279 classificando os indivíduos em oito classes diamétricas pelo teste não paramétrico de
280 Kruskal-Wallis. Esse mesmo teste foi aplicado para verificar diferenças na produção
281 de frutos e na germinação *in situ*. Diferenças na proporção de indivíduos entre
282 estádios foram investigadas pelo teste do chi-quadrado (χ^2). Para verificar diferenças
283 na média de incidência luminosa entre as fisionomias, aplicou-se o teste ANOVA um
284 critério. O índice de correlação de Spearman foi usado para testar a correlação entre a
285 incidência média de luz nas parcelas e o DNS e altura. Além disso, testou-se a relação

286 entre o DNS dos indivíduos frutificando e sua produção de frutos entre fisionomias
287 (Ayres et al. 2007).

288 O padrão de agregação intraespecífica ou de distribuição espacial foi
289 determinado através do Índice de Dispersão de Morisita que assume valores entre -1 e
290 +1 (Krebs 1999). A distribuição regular ocorre quando os valores do índice estão
291 abaixo de -0,5. Tem-se uma distribuição aleatória para valores entre -0,5 e 0,5; e para
292 valores maiores 0,5 a distribuição é do tipo agregada (Brower e Zar 1984).

293 Todas as análises foram realizadas com os programas estatísticos Bioestat 5.0
294 (Ayres et al. 2007) e R, usando os pacotes *Vegan* e *Stats* (Oksanen et al 2013; R Core
295 Team 2013). Foi considerado $\alpha=0,05$ em todos os testes.

296

297

298 **RESULTADOS**

299 **Estrutura espacial e de tamanho**– no inventário foram amostrados 132 indivíduos
300 (11 plântulas, 14 jovens, 36 imaturos e 71 adultos) em 3,36 hectares, equivalendo a
301 densidade de 36,6 ind./ha. (tabela 1). O número de indivíduos variou de 0 – 8 por
302 subparcela, sendo a FUSp a fisionomia com menor número (cinco no total), seguido
303 de cerradão (46) e do cerrado com mais indivíduos (81). A densidade de indivíduos
304 jovens também foi maior no cerrado que no cerradão (Figura 2). O padrão de
305 distribuição agregado caracteriza a maioria dos estádios da espécie: plântulas, jovens
306 e imaturos estão atualmente dispostos assim ($I_d > 0,5$). Já o estádio adulto é
307 caracterizado pelo padrão aleatório em todas as fisionomias.

308 Em média, *C. coriaceum* alcança 5,7 m de altura e 16,62 cm de DNS na
309 FLONA. Entre as fisionomias, os indivíduos da FUSp são, em média, mais altos e
310 mais grossos do que os do cerrado e cerradão. No entanto, os maiores valores

311 absolutos em diâmetro ao nível do solo foram registrados no cerrado e no cerradão
312 (Tabela 1).

313 O pequi chega a ocupar estratos mais altos no cerrado. No cerradão, a variação
314 em altura é menor, sendo encontrados indivíduos em um espectro mais amplo de
315 alturas (Figura 3). Na FUSp há predominância de elementos nas últimas classes. Esse
316 último dado explicita o padrão heliófilo da espécie que se desenvolve melhor em
317 áreas abertas.

318 As distribuições diamétricas do cerrado e do cerradão foram semelhantes
319 ($p > 0,05$) e significativamente diferentes da FUSp ($H=8,2$; $p=0,01$). Nas áreas mais
320 densamente ocupadas pelo pequi, cerca de 40% dos indivíduos estão em estágio pré-
321 reprodutivo (imaturos) ou ingressaram na fase reprodutiva há pouco tempo (jovens
322 adultos), haja visto que o menor deles tinha 15cm de diâmetro.

323 A espécie apresenta, em uma perspectiva visual, ajuste ao modelo do "J"
324 invertido. No entanto, quando observadas as fisionomias em separado, a tendência de
325 crescimento e manutenção populacional ocorre apenas no cerrado e com algumas
326 restrições, já que foi a única fitofisionomia onde havia plântulas. Portanto, em mais de
327 90% da área da FLONA a espécie passa por uma clara restrição no ingresso de novos
328 indivíduos, principalmente na FUSp onde havia predominantemente adultos.

329 Cerrado e cerradão recebiam, em média, $44,5 \times 10^3$ lux e $35,6 \times 10^3$ lux,
330 respectivamente. Enquanto que na FUSp, a luminosidade média registrada foi de
331 $21,03 \times 10^3$ lux, sendo constatada uma diferença significativa dessa fitofisionomias
332 com relação às demais ($F=9,73$; $p < 0,01$).

333 Essa diferença não denotou correlações entre as características estruturais
334 (densidade total e por estágio em cada subparcela, altura e DNS) das populações do
335 cerrado e a intensidade luminosa, pois todos os testes não se mostraram significativos.

336 Já no cerradão, altura, DNS médio por subparcela e área basal estiveram
337 positivamente correlacionados com a luminosidade que chegava ao solo
338 ($r_s=0,43$; $p=0,2$; $r_s=0,45$; $p=0,01$; e $r_s=0,41$; $p=0,03$, respectivamente). O baixo número
339 de indivíduos na FUSp não permitiu a realização deste tipo de teste.

340

341 **Produção de flores e frutos-** Os indivíduos presentes no cerrado produziram entre 7
342 e 35 flores por cacho, sendo registradas, em média, $15,02 \pm 2,71$ flores por
343 inflorescência. Das 65 inflorescências analisadas, apenas oito formaram frutos, cujo
344 percentual de inflorescências com um fruto foi maior (13,85%) do que as que
345 formaram dois ou três (6,15% e 1,54%, respectivamente). Levando em consideração a
346 expressiva floração, característica desta espécie, a média de frutos por inflorescência
347 ($1,62 \pm 2,9$) e a relação fruto/flor média ($0,02 \pm 0,03$) foram bem pequenas.

348 A proporção de indivíduos frutificando no cerrado foi de 43,48% com uma
349 produção média de $23,7 \pm 22,95$ frutos por indivíduo. Já no cerradão, a proporção foi
350 maior (54,05% e $44,05 \pm 49,02$ frutos/ind.), sem diferenças entre as áreas ($p > 0,05$). No
351 cerrado, o número de frutos por árvore variou de 2 a 108 e 90% das árvores
352 produziram até 50 frutos. No cerradão, o número máximo foi duas vezes superior.
353 Neste caso, a concentração estava nas plantas que produziam entre 50-100 frutos.
354 Produção de frutos e tamanho (DNS) tendem a se correlacionar no cerrado
355 ($r_s=0,2915$; $p=0,0048$), indicando que há uma tendência de indivíduos maiores
356 produzirem mais frutos.

357

358 **Potencial produtivo da FLONA-Araripe e extração do pequi** - As fisionomias
359 avaliadas cobrem cerca de 35,3 mil hectares, 91% da área atual da FLONA. De
360 acordo com a densidade populacional do cerrado e cerradão, estima-se que haja cerca

361 de 870 mil indivíduos adultos em toda a UC. Assumindo a média de frutos registrada,
362 estas árvores têm potencial de produção de 28 milhões de frutos. Em média, os frutos
363 pesam 70g e os putâmens correspondem a cerca de 30g. Isso equivaleria a 2.000
364 toneladas de frutos ou 550 toneladas de putâmens.

365 Baseado na produtividade estimada a partir da safra 2011-2012, o extrativismo
366 do pequi na FLONA teria alcançado o seu máximo desde meados da década de 1990.
367 Os registros regionais e locais da produção extrativista de *C. coriaceum* pelo Instituto
368 brasileiro de geografia e estatística (IBGE) mostram que o sul do Ceará, em especial
369 os municípios de que a FLONA faz parte, são responsáveis por quase toda a coleta
370 deste recurso na região Nordeste (Figura 4). Essa mesma estimativa indica que a
371 extração dessas áreas chegou a aproximadamente 3.500 toneladas, ou seja, sete vezes
372 maior que toda a produtividade estimada de putâmens da FLONA.

373

374 **Germinação *in situ*** - A emergência das plântulas iniciou-se seis meses após o semeio
375 em campo. A taxa de germinação chegou a 20% no cerradão, seguida pelo cerrado
376 (14%). Esses valores não diferiram significativamente entre essas fisionomias
377 ($p > 0,05$) e nem se mostraram correlacionados com a intensidade luminosa dos pontos
378 onde foram semeadas as sementes ($r_s = 0,29$; $p = 0,41$ no cerrado e $r_s = 0,34$; $p = 0,32$ no
379 cerradão). A média total, considerando as três fitofisionomias, ficou menor (11,33%)
380 porque, durante os 18 meses de monitoramento, não houve germinantes na FUSp.

381 O índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) e a velocidade de
382 germinação (VG) mostram que a germinação de *C. coriaceum* em condições naturais
383 é muito lenta (Tabela 2). Todas as plântulas deste experimento morreram,
384 presumivelmente consumidas pela fauna. Os sinais deixados (escavação dos locais de
385 semeio e partes aéreas das plântulas deixadas no solo) levaram a crer que tenham sido

386 mortas pela cutia (*Dasyprocta prymnolopha*- Dasyproctidae) porque as raízes das
387 plântulas são, supostamente, bastante palatáveis aos roedores.

388

389 **DISCUSSÃO**

390 **Estrutura populacional e variações fisionômicas** - A separação entre uma
391 fisionomia com relação às demais (FUSp vs. cerrado e cerradão), especialmente com
392 relação à densidade, sustenta o padrão de preferência por ambientes abertos como já
393 relatado por Conceição e Castro (2009), Costa e Araújo (2007), Lindoso et al. (2009),
394 Medeiros e Walter (2012) e Oliveira et al. (2008). O porte que os indivíduos de *C.*
395 *coriaceum* podem alcançar explica a posição do pequi frente a outras espécies bem
396 mais abundantes no cerrado nordestino (Mesquita e Castro 2007, Paula et al. 1998;).
397 Os grandes diâmetros contribuem para que o pequi tenha papel de destaque na
398 comunidade florestal. Geralmente a espécie se apresenta entre as primeiras quanto ao
399 índice de valor de importância (IVI) nas comunidades florestais em sua área de
400 ocorrência (Conceição e Castro 2009; Costa e Araújo 2007; Mesquita e Castro 2007;
401 Paula et al. 1998).

402 A alta proporção de indivíduos adultos e o baixo estoque nos estratos mais
403 baixos chama a atenção, pois mostra uma clara tendência de dificuldades na
404 regeneração natural do pequi na FLONA (Bezerra 2004). A partir da análise estática
405 do status ecológico das populações, o cerrado se sobressai frente as demais
406 fitofisionomias, pois nele tem ocorrido regeneração ativa (Condit et al. 1994).

407 Foram encontradas poucas plântulas e jovens, especialmente no cerradão, um
408 ambiente que, embora apresentasse alta luminosidade e o tornaria propício ao
409 desenvolvimento do pequi, não tinha elementos neste estágio. Esses dados contrariam
410 os achados relacionados com *C. brasiliense*, que não apresentou diferenças neste

411 aspecto entre fisionomias de Cerrado na região central do Brasil (Oliveira 2009;
412 Zardo e Henriques 2011). Para essa outra espécie, a densidade total aumentava com o
413 adensamento da vegetação enquanto que para *C. coriaceum* ocorreu o inverso.

414 Considerando que há mais indivíduos adultos nas populações, essas estão
415 distribuídas de forma aleatória. Este fato é esperado para uma espécie que produz
416 frutos volumosos, pesados e naturalmente associados a animais de grande porte
417 (Bizerril et al. 2005). Atualmente poucos animais locais conseguiriam ocupar esse
418 nicho eficientemente. Como consequência, a maioria das sementes fica muito
419 próxima à planta mãe, alterando os padrões de distribuição espacial dos estádios
420 iniciais do pequi, assim como ocorreu com diversas espécies tropicais (Janzen e
421 Martin 1982; Oliveira 2009). No âmbito da FLONA, esses distúrbios nas interações
422 entre as plantas e seus dispersores podem estar sendo provocados, por exemplo, pela
423 caça predatória (Forget e Janzen 2007).

424 Os estádios jovem e adulto estavam dispersos aleatoriamente. Isso mostra que
425 em alguns locais têm ocorrido episódios satisfatórios de interações entre a planta com
426 seus dispersores. Mas, é preciso investigar mais o papel da efetividade dos dispersores
427 locais do pequizeiro. A criação de gado nas áreas de ocorrência de *C. coriaceum* foi
428 uma prática muito comum. O consumo da vegetação por esses animais pode
429 promover a abertura da mata, criando locais propícios para o desenvolvimento do
430 pequi em detrimento de outras plantas. Essa atividade, embora proibida, também
431 acontecia na FLONA até poucos anos, mas foi banida pelos gestores locais (Bezerra
432 2004). Talvez, o atual padrão de distribuição seja reflexo da presença destes animais
433 no passado, os quais, segundo relatos locais, favoreciam as populações de *C.*
434 *coriaceum*.

435 A cutia é o suposto responsável pela dispersão do pequizeiro por possuir a
436 capacidade de remover frutos grandes como os do pequi (Janzen et al. 2012). Outro
437 animal, o inseto do gênero *Strategus* (Scarabeidae), também entra no grupo dos
438 potenciais dispersores. Ele pode enterrar frutos do pequi sob a copa das árvores
439 (Santos 2012). Na fisionomia cerrado estava a maioria das poucas plântulas
440 registradas em todo o levantamento, as quais apresentavam distribuição agregada.
441 Essa associação de dados leva a crer que estes animais são atualmente os responsáveis
442 pelos achados, mas eles, provavelmente, não promovem uma dispersão eficiente
443 levando os frutos a grandes distâncias dos elementos parentais, especialmente o
444 inseto. Além disso, há outro complicador, pois o mamífero é alvo frequente de caça
445 (Bezerra 2004).

446 Em tese, todo fruto que chega ao final da maturação tem o potencial de ser
447 dispersado. Devido a diversos fatores (predação de sementes, caça predatória de
448 dispersores, fragmentação de ambientes, extrativismo dos frutos, deposição em locais
449 inadequados), as áreas de cerrado e cerradão podem estar sofrendo de limitação de
450 sementes (Jordano et al. 2006; Dalling et al. 2002). Localmente, o fator extrativismo é
451 muito forte, mas os efeitos das atividades humanas têm sido difíceis de detectar em
452 profundidade (Bezerra 2004; Ticktin et al. 2012). Essa pressão tem o potencial de
453 diminuir os recursos disponíveis aos frugívoros e potenciais dispersores.
454 Consequentemente, isso afeta o estabelecimento de novos indivíduos e promove
455 distorções nas estruturas de populações submetidas à extração de frutos (Dalling et al.
456 2002; Shackleton et al. 2005; Shankar et al. 1998; Silva 2012). Esses dados
457 caracterizam um cenário preocupante para o pequi, pois a agregação dos indivíduos,
458 especialmente os infantes, gera vulnerabilidade com relação a potenciais predadores,

459 os quais são encontrados em maior frequência próximos aos indivíduos parentais
460 daquelas plântulas (Jasen 1970).
461
462 **Produtividade** - A produção individual média de *C. coriaceum* é mais um fator que
463 suporta a proximidade entre essa espécie e *C. brasiliense* (Oliveira et al. 2008). Existe
464 uma grande variação na frutificação do pequi encontrado na FLONA que é muito
465 semelhante ao padrão já delineado por diversos estudos com *C. brasiliense* (Santana e
466 Naves 2003, Zardo e Henriques 2011). A formação de frutos nesta espécie se mostra
467 irregular, sendo guiada por variações genéticas entre os indivíduos, estruturais da
468 população, pluviométricas e fisionômicas (Girollo 2012, Oliveira et al. 2008, Oliveira
469 2009, Zardo e Henriques 2011).

470 A distribuição entre os estádios de desenvolvimento foi um dos principais
471 determinantes da variação na produção de *C. brasiliense* no Distrito Federal, já que
472 havia uma proporção maior de infantes nas populações analisadas (Zardo e Henriques
473 2011). Isso não se aplica a *C. coriaceum* devido ao grande número de adultos na
474 população atualmente. Mas, ocorre que a maioria dos adultos está no início da fase
475 reprodutiva, o que explicaria tanto a baixa produção individual quanto a semelhança
476 entre as fisionomias cerrado e cerradão neste quesito.

477 Características edáficas regulando a produtividade também são improváveis,
478 já que o solo das áreas de cerrado e cerradão são muito semelhantes. Talvez o fator
479 mais importante seja o regime de chuvas na região, que certamente exerce influência
480 a quantidade de frutos formados. O acumulado de chuvas entre o segundo semestre de
481 2011 e o início de 2012 (período crítico, que compreende o desenvolvimento dos
482 frutos) ficou muito abaixo da média histórica (Figura 5). Provavelmente, dessa
483 ausência de chuvas naquele período resultou menor sucesso reprodutivo. Tal

484 inferência encontra suporte nos relatos colhidos a partir de conversas informais com
485 extratores de comunidades vizinhas à FLONA. As pessoas esperavam pelas “chuvas
486 das frutas”, referindo-se aos eventos pluviométricos que deveriam ocorrer naquele
487 período para que os frutos dos pequizeiros “vingassem”, ou seja, não fossem
488 abortados.

489 A safra 2012-13 foi afetada pela estiagem iniciada em 2011, que tem sido
490 considerada a mais severa dos últimos 30 anos. Ocorreu aborto de frutos e a
491 paralisação da atividade de coleta na região do entorno da FLONA.
492 Consequentemente impossibilitou a avaliação quantitativa da suficiência da safra para
493 atender a demanda dos extrativistas. Em conversas informais, os moradores da região
494 disseram que a quantidade disponível não compensaria o esforço de ir até a floresta
495 para coletar os poucos frutos que estariam caídos.

496 O potencial produtivo da FLONA, baseado na média de frutos produzidos por
497 indivíduo, densidade populacional de adultos e área coberta pelas fitofisionomias
498 cerrado e cerradão, não suporta as estimativas oficiais de extração. Esta situação
499 difere do que ocorre com *C. brasiliense* que, mesmo com um mercado mais
500 abrangente, tem uma produtividade estimada muito superior à demanda atual (Zardo e
501 Henriques 2011). Mas, apenas *C. coriaceum* tem sofrido dos potenciais efeitos que a
502 limitação de sementes pode provocar.

503

504 **Germinação em condições naturais e relações com as condições ambientais -A**

505 germinação do pequi é bastante lenta, demorando até 11 meses para expressar todo o
506 seu potencial (Sá e Carvalho et al. 1994, Silva e Medeiros-Filho 2006, Zardo 2008).

507 *C. coriaceum* é semelhante a *C. brasiliense* quanto ao comportamento germinativo.

508 Experimentos em condições naturais registraram melhores resultados do que os que

509 usaram condições controladas em laboratório, que se mostraram pouco eficientes para
510 quebrar a dormência das sementes de ambas espécies (Sá e Carvalho et al. 1994, Silva
511 e Medeiros-Filho 2006). Espécies do Cerrado geralmente têm sua dormência
512 quebrada por meio de choque térmico (Araújo 1994). Com o pequi do Brasil central,
513 as estratégias de laboratório não foram eficientes em aumentar a velocidade de
514 germinação e de emergência de plântulas (Dombroski et al. 1998, Sá e Carvalho et al.
515 1994).

516 Os gargalos naturais da espécie, representado pela dupla dormência associada
517 ao mesocarpo de natureza lipídica e ao endocarpo lenhoso (Silva e Medeiros-Filho
518 2006), apresentam baixa vulnerabilidade a estratégias físicas e químicas para driblá-
519 las (Sá e Carvalho et al. 1994). Silva e Medeiros-Filho (2006) registraram percentuais
520 de germinação entre 5 e 7%, usando choque térmico e químico em sementes de *C.*
521 *coriaceum*. Já Zardo (2008), estudando *C. brasiliense*, encontrou resultados
522 superiores para a germinação em condições de campo na região central do Brasil
523 (15%).

524 Em condições naturais, a germinação de *C. coriaceum*, apesar de não ter
525 relação com a luminosidade em nenhuma das fisionomias, pode ser resultado da
526 interação entre fatores abióticos locais. Os dados do solo no cerrado e cerradão
527 mostraram que estas áreas têm teores maiores de argila. A luz sozinha certamente não
528 teria efeito sobre a germinação, pois essa depende, em algum momento, de água para
529 se processar. A combinação desses fatores (água retida pela argila + luz) pode, no
530 momento certo, atender ao limite crítico para desencadear a germinação das sementes
531 do pequi. Assim como foi sugerido para *C. brasiliense*, as sementes teriam sua
532 dormência quebrada no início da estação chuvosa imediatamente posterior à safra em
533 que foram dispersas (Zardo 2008), quando os fatores de mortalidade incidentes sobre

534 as sementes teriam seus efeitos diminuídos devido a presença de água (Condit et al.
535 1994; Solbrig 1980).

536

537 **Implicações para a conservação do pequi** - O pequi na FLONA apresentou um
538 perfil preocupante com relação ao potencial de regeneração natural de suas
539 populações e conseqüentemente da exploração de frutos. Os dados da FUSp traçam
540 uma tendência de diminuição drástica. Além de uma potencial queda na oferta de
541 frutos em cerca de 10% da área da unidade de conservação, as características
542 abióticas dessa região certamente não favorecem a reprodução e estabelecimento da
543 espécie. A análise estática tem sido bastante usada em pesquisas relativas ao manejo e
544 conservação de produtos florestais não madeireiros (Condit et al. 1994; Gouwakinnou
545 et al. 2009). O status ecológico das populações de *C. coriaceum* deixa clara a
546 necessidade de desenvolver ações de manejo voltadas ao controle da extração de
547 frutos, buscando o favorecimento da entrada de novos indivíduos e reestabelecimento
548 das interações com dispersores mais efetivos. No médio prazo, as áreas adequadas ao
549 desenvolvimento do pequi ainda têm bastantes substitutos. No entanto, se nada for
550 feito, especialmente com relação à retirada de frutos para o comércio, o pequizeiro
551 estará fadado ao colapso em poucas gerações.

552 Não há evidências claras de que o mosaico de habitats e fisionomias
553 registradas na FLONA se constituam em estágios sucessionais e que a FLONA se
554 tornaria uma área com predominância florestal. Mas, o baixo número de plântulas e
555 jovens configura uma tendência declinante para o pequi nessas áreas. Aliado a isso, há
556 o fato de que grande parte da vegetação da FLONA está regenerando, diminuindo as
557 manchas de habitats adequados a *C. coriaceum*. Isso é uma interessante hipótese a
558 ser testada. Sua confirmação impactaria fortemente nas formas com que as pessoas se

559 relacionariam com a floresta, pois a disponibilidade de frutos do pequi na
560 FLONA tende a diminuir dramaticamente em uma perspectiva de maior adensamento
561 vegetacional e variações climáticas regionais. Essa ideia permeia os relatos colhidos
562 em conversas informais com moradores de comunidades do entorno da FLONA. Os
563 extratores temem que a forma de gerenciar a FLONA leve a uma grande diminuição
564 das populações do pequi em toda a reserva.

565 Em cenários que buscam a sustentabilidade do extrativismo nas ações e
566 políticas de manejo, é preciso considerar tanto aspectos da biologia da espécie quanto
567 as relações dela com a fauna associada. Assim, as estimativas de produção seriam
568 menores, pois boa parte dos indivíduos adultos não frutifica todos os anos e parte da
569 produção é naturalmente removida pelos dispersores naturais do pequi. Isto significa
570 que o um potencial de extração, em uma base sustentável, deveria ser diminuído para
571 atender às necessidades desses animais que têm o poder de auxiliar na regeneração
572 natural dessa planta.

573 Fatores bióticos e abióticos podem afetar o ingresso de novos elementos nas
574 populações de *C. coriaceum*. A pressão extrativa, como variável no sistema, tem
575 aumentado muito nos últimos tempos e pode contribuir na piora da situação ecológica
576 das populações de *C. coriaceum* pela diminuição de recursos disponíveis ao processo
577 regenerativo. Assim, as atuais práticas de coleta precisam ser analisadas. Novos
578 acordos devem ser firmados entre extratores e gestores para superar a limitação de
579 sementes. Sem isso, não parece razoável acreditar na continuidade da expansão da
580 atividade extrativa na região da FLONA de acordo com os atuais registros de
581 extração. Essa conclusão estende-se a toda a área de distribuição da espécie, que
582 aparentemente tem sofrido sobrexploração dos frutos. No contexto da FLONA, as
583 perspectivas neste cenário tenderão a ocorrer tão logo seja aberto o diálogo entre os

584 diversos atores interessados na conservação deste recurso dotado de importância
585 capital para muitas populações humanas que construíram historicamente uma relação
586 íntima com a espécie.

587

588 **AGRADECIMENTOS**

589 Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
590 Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida a Alyson Almeida, Ulysses Albuquerque e
591 Elcida Araújo; ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pela colaboração financeira
592 concedida ao primeiro autor no âmbito do programa de apoio a elaboração de Teses e
593 Dissertações; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
594 (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduiche no Exterior a Alyson
595 Almeida, além do apoio financeiro concedido a Elcida Araújo através do projeto do
596 Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD); ao projeto financiado pela Fundação
597 de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) através do
598 Programa de Apoio a Núcleos de Emergência (PRONEM); ao Instituto Chico Mendes
599 de conservação da biodiversidade (ICMBio) e a todos os funcionários da Floresta
600 Nacional do Araripe-Apodí (FLONA–Araripe) por todo o apoio logístico durante o
601 trabalho de campo. Além disso, os autores agradecem aos membros do Laboratório de
602 Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA-UFRPE) e ao Laboratório de Etnoecologia da
603 Universidade do Havaí, pelo apoio durante os trabalhos de campo e análise dos dados.

604

605 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

606 Agra, M. F., Freitas, P. F. & Barbosa Filho, J. M. 2007. Synopsis of the plants known
607 as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. Brazilian Journal of
608 Pharmacognosy 17: 114-140.

609 Araújo, E. L. Aspectos da dinâmica populacional em floresta tropical seca (Caatinga),
610 Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto
611 de Biologia. Campinas, SP. 1998. 95f.

612 Araújo, E. L. & Ferraz, E. M. N. 2010. Análise da vegetação nos estudos
613 etnobotânicos. Pp.223-254. In: U. P. Albuquerque, R. F. P. Lucena & L. V. C. Cunha
614 (Eds.). Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. Recife:
615 NUPPEA (Coleção Estudos e Avanços, Volume 1).

616 Avocèvou-Ayisso, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G. & Van Damme, P. 2009.
617 Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting on
618 *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in
619 Benin. *Forest Ecology and Management* 257: 1930-1938.

620 Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L. & Santos, A. A. 2007. BIOESTAT –
621 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. ONG Mamirauá. Belém,
622 PA.

623 Bezerra, F. W. B. 2004. Plano de manejo da floresta nacional do Araripe. IBAMA,
624 Crato, Brasil.

625 Bizerril, M. X. A., Rodrigues, F. H. G. & Hass, A. 2005. Fruit consumption and seed
626 dispersal of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) by the lowland tapir in the
627 Cerrado of Central Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 65: 407-413.

628 BRASIL. lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos
629 I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de
630 Conservação da Natureza e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente,

631 Brasília. Disponível em: www.mma.gov.br/port/sbf/dap/doc/snuc.pdf. Acesso em: 15
632 de abril de 2013.

633 Brower, J. E. & Zar, J. H. 1984. *Field & laboratory methods for general ecology*.
634 W.C. Brown Publishers, Boston.

635 Cavalcanti, A. C. & Lopes, O. F. 1994. Condições edafoclimáticas da Chapada do
636 Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas. EMBRAPA-SPI. 42p.

637 Conceição, G. M. & Castro, A. A. J. F. 2009. Fitossociologia de uma área de cerrado
638 marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão. *Scientia Plena* 5: 1-16.

639 Condit, R., Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1994. Density-dependence in two understory
640 tree species in neotropical forest. *Ecology* 75: 671-680.

641 Costa, I. R. & Araújo, F. S. 2007. Organização comunitária de um enclave de cerrado
642 sensu stricto no bioma Caatinga, chapada do Araripe, Barbalha, Ceará. *Acta botânica*
643 *brasílica* 21: 281-291.

644 Cunningham, A. B. 2001. Opportunities and constraints on sustainable harvest: plant
645 populations. Pp. 144-191. In: A. B. Cunningham. *Applied ethnobotany: people, wild*
646 *plant use and conservation*. London, Earthscan Publications Ltd.

647 Dalling, J. W., Muller-Landau, H. C., Wright, S. J., & Hubbell, S. P. 2002. Role of
648 dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. *Journal of*
649 *Ecology* 90: 714-727.

650 Dombroski, J. L. D., Paiva, R. & Camargo, I. P. 1998. Efeito da escarificação sobre a
651 germinação do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). Revista Brasileira de
652 Fruticultura 20: 68-73.

653 Edmond, J. B. & Drapala, W. J. 1958. The effects of temperature, sand and soil, and
654 acetone on germination of okra seed. Proceedings of the American Society for
655 Horticultural Science 71: 428-434.

656 Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA).
657 http://www.cnps.embrapa.br/servicos/metodo_coleta.html. Acessado em março de
658 2011.

659 Forget, P. M. & Jansen, P. A. 2007. Hunting increases dispersal limitation in the tree
660 *Carapa procera*, a nontimber forest product. Conservation Biology 21: 106-113.

661 Gaoue, G. O. & Ticktin, T. 2009. Fulani knowledge of the ecological impacts of
662 *Khaya senegalensis* (Meliaceae) foliage harvest in Benin and its implications for
663 sustainable harvest. Economic botany 63: 256-270.

664 Giroldo, A. B. 2012. Efeitos dos gradientes ecológicos e antrópicos na estrutura e
665 densidade populacional de *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequizeiro) no Cerrado do
666 Planalto Central. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Departamento de Ecologia,
667 Universidade de Brasília, Brasília – DF, 44 p.

668 Gonçalves, C. U. 2007. A organização dos pequizeiros na Chapada do Araripe.
669 Agriculturas 4: 21-23.

670 Gouwakinnou, G. N., Kindomihou, V., Assogbadjo, A. E. & Sinsin, B. 2009.
671 Population structure and abundance of *Sclerocarya birrea* (A. Rich) Hochst subsp.

672 *birrea* in two contrasting land-use systems in Benin. International Journal of
673 Biodiversity and Conservation 1: 194-201.

674 Hall, P. & Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber
675 forest products on plant populations. Economic Botany 47: 234-247.

676 Homma, A. K. O. 2010. O crescimento do mercado como mecanismo de
677 desagregação da economia extrativa. In: V. A., Silva; A. L. S., Almeida & U. P.,
678 Albuquerque (Org.). Etnobiologia e etnoecologia: pessoas & natureza na América
679 Latina. Série atualidades em Etnobiologia e etnoecologia, Primeira edição, Recife,
680 NUPEEA.

681 IBGE, 2000. Censo demográfico 2000 - Dados do universo. Rio de Janeiro.

682 IBGE, 2013. Produção da extração vegetal e da silvicultura. Disponível em
683 www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=27&i=P. Acesso em:
684 30 de abril de 2013.

685 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dados climáticos da estação automática
686 de Barbalha-CE (1973-2013). Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em: 30 de
687 abril de 2013.

688 Jansen, P. A., Hirsch, B. T., Emsens, W-J., Zamora-Gutierrez, V., Wikelski, M. &
689 Kays, R. 2012. Thieving rodents as substitute dispersers of megafaunal seeds. PNAS
690 109: 12610-12615.

691 Janzen, D. H. & Martin, P. S. 1982. Neotropical anachronisms: the fruits the
692 gomphotheres ate. Science 215: 19-27.

693 Jordano, P., Galetti, M., Pizo, M. A., & Silva, W. R. 2006. Ligando frugivoria e
694 dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Rocha, C.F.D., Bergallo, H.G.,
695 Van Sluys, M., & Alves, M. A. S. Biologia da conservação: essências. RiMa.

696 Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. 2nd ed. Benjamin Cummings Publishers.

697 Lykke, A. M. 1998. Assessment of species composition change in savanna vegetation
698 by means of woody plants' size class distributions and local information. Biodiversity
699 and Conservation 1275: 1261-1275.

700 Lindoso, G. S., Felfili, J. M., Costa, J. M. & Castro, A. A. J. F. 2009. Diversidade e
701 estrutura do cerrado sensu stricto sobre areia (Neossolo quartzarênico) na Chapada
702 Grande meridional, Piauí. Revista de Biologia Neotropical 6: 45-61.

703 Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: aid in selection and evaluating or seedling
704 emergence and vigour. Crop Science 2:176-177.

705 Medeiros, M. B. & Walter, B. M. T. 2012. Composição e estrutura de comunidades
706 arbóreas de cerrado stricto sensu no norte do Tocantins e sul do Maranhão. Revista
707 *Árvore* 36: 673-683.

708 Mesquita, M. R. & Castro, A. A. J. F. Florística e fitossociologia de uma área de
709 Cerrado marginal (Cerrado baixo), Parque Nacional de Sete cidades - Piauí.
710 Publicações avulsas conservação de ecossistemas 15:1-22.

711 Myers, N., R. A., Mittermeier, C. G., Mittermeier, G. A. B. & Kent, J. F. 2000.
712 Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853–858.

713 Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B.,
714 Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. 2013. Vegan:

715 Community ecology package. R package version 2.0-7. [http://CRAN.R-](http://CRAN.R-project.org/package=vegan)
716 [project.org/package=vegan](http://CRAN.R-project.org/package=vegan).

717 Oliveira, M. E. B., Guerra, N. B., Barros, L.M. & Alves, L. E. 2008. Aspectos
718 agronômicos e de qualidade do pequi. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 32
719 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 113).

720 Oliveira, W. L. 2009. Ecologia populacional e extrativismo de frutos de *Caryocar*
721 *brasiliense* Camb no Cerrado do Norte de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado,
722 Universidade de Brasília, Brasil. 82f.

723 Paula, J. E., Imaña-Encimas, J. & Sugimoto, N. 1998. Levantamento quantitativo em
724 três hectares de vegetação de cerrado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 33: 613-620.

725 Prance, G.T., Medeiros, H. & Amorim, A.M.A. Caryocaraceae. in: Lista de Espécies
726 da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
727 <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br> >. Acesso em: 22 Jan. 2014.

728 R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R
729 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL
730 <http://www.R-project.org/>.

731 Rist, L.; Kaiser-Bunbury, C.N.; Fleischer-Dogley, F.; Edwards, P.; Bunbury, N. &
732 Ghazoul, J. 2010. Sustainable harvesting of coco de mer, *Lodoicea maldivica*, in the
733 Vallée de Mai, Seychelles. Forest Ecology and Management 260: 2224-2231.

734 Sá e Carvalho, C. G., Côrtes, R. A., Carneiro, I. F. & Borges, J.D. 1994 Efeitos de
735 diferentes tratamentos na germinação de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Acta
736 Botânica Brasilica 8: 109-120.

- 737 Santana, J.G. & Naves, R.V. 2003. Caracterização de ambientes de cerrado com alta
738 densidade de pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região sudeste do estado
739 de Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical 33:1–10.
- 740 Santos, G. C. 2012. Impacto do extrativismo sobre as plântulas e os indivíduos jovens
741 de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) e remoção natural dos diásporos na
742 Floresta Nacional do Araripe – Ceará, Nordeste do Brasil. 60f. Dissertação (Mestrado
743 em Ecologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.
- 744 Schwartz, M. W., Caro, T. M. & Banda-Sakala, T. 2002. Assessing the sustainability
745 of harvest of *Pterocarpus angolensis* in Rukwa Region, Tanzania. Forest Ecology and
746 Management 170: 259-269.
- 747 Shackleton, C. M., Guthrie, G. & Main, R. 2005. Estimating the potential role of
748 commercial over-harvesting in resource viability: a case study of five useful tree
749 species in South Africa. Land Degradation & Development 16: 273-286.
- 750 Shankar, U., Murali, K. S., Shaanker, U. R., Ganeshiah, K. N. & Bawa, K.S. 1996.
751 Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan hills, India.
752 3. Productivity, extraction and prospects of sustainable harvest of amla *Phyllanthus*
753 *emblica*,(Euphorbiaceae). Economic botany 50: 270-279.
- 754 Shankar, U., Murali, K. S., Shaanker, R. U., Ganeshiah, K. N. & Bawa, K. S. 1998.
755 Extraction of nom-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan Hills, India.
756 4. Impact on floristic diversity and population structure in a thorn scrub forest.
757 Economic botany 52: 302-315.

758 Silva, D. S. P. 2012. Estado de conservação e modelagem da abundância de
759 populações de coquinho-azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc.) em gradientes
760 ambientais e antrópico. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ecologia,
761 Universidade de Brasília. 78p.

762 Silva, M. A. P. & Medeiros Filho, S. 2006. Emergência de plântulas de pequi
763 (*Caryocar coriaceum* Wittm). Revista Ciência Agronômica 37: 381-385.

764 Silva, S. R., Medeiros, M. B., Gomes, B. M., Seixas, E. N. C. S. & Silva, M. A. P.
765 2012. Angiosperms from the Araripe National Forest , Ceará , Brazil. Check list 8:
766 744–751.

767 Solbrig, O. T. 1980. Demography and natural selection. In: O. T., Solbrig (Ed.).
768 Demography and evolution in plant populations. Berkeley and Los Angeles,
769 University of California press.

770 Sousa Júnior, J. R., Albuquerque, U. P. & Peroni, N. 2013. Traditional knowledge and
771 management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian Savanna,
772 Northeastern Brazil. Economic Botany. DOI: 10.1007/s12231-013-9241-8.

773 Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest
774 products. Journal of Applied Ecology 41: 11-21.

775 Ticktin, T., Ganesan, R., Paramesha, M. & Setty, S. 2012. Disentangling the effects of
776 multiple anthropogenic drivers on the decline of two tropical dry forest trees. Journal
777 of Applied Ecology 49: 774-784.

778 Venter, S. M. & Witkowski, E.T.F. "Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production
779 in communal and conservation land-use types in Southern Africa. *Forest Ecology and*
780 *Management* 261: 630-639.

781 Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Gomes-Silva, D.A.P. 2005. Population structure and nut
782 yield of a *Bertoletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and*
783 *Management* 211: 371-384.

784 Zardo, R. N. 2008. Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi
785 (*Caryocar brasiliense*) no Cerrado do Brasil Central. Dissertação de
786 Mestrado Universidade de Brasília – Pós-Graduação em Ecologia. 62p.

787 Zardo, R. N. & Henriques, R. P. B. 2011 Growth and fruit production of tree
788 *Caryocar brasiliense* in Cerrado of central Brazil. *Agroforestry Systems* 82: 15-23.

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801 **Lista de tabelas**

802

803 Tabela 1- Comparação dos parâmetros estruturais de populações de *Caryocar*

804 *coriaceum* Wittm. a partir de levantamentos populacionais em três diferentes

805 fisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. FUSp – Floresta úmida

806 semiperenifólia.

	Geral	Cerrado	Cerradão	FUSp
Área amostral (ha)	3,36	1,12	1,12	1,12
Número de indivíduos	132	81	46	5
Altura $\bar{X} \pm DP$ (m)	5,77 \pm 3,97	4,8 \pm 3,98a	7 \pm 3,35a	10,4 \pm 3,64b
Altura máxima (m)	15	15	13	15
Diâmetro $\bar{X} \pm DP$ (cm)	16,62 \pm 14,51	13,07 \pm 13,55a	22,2 \pm 14,88a	22,93 \pm 11,17b
Diâmetro máximo (cm)	67,83	67,83	60,83	39,7
Área basal total (m ² .ha ⁻¹)	4,21	1,87	2,13	0,2

807 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de

808 Kruskal-Walis. Valores que não são seguidos de letras se referem ao conjunto de

809 dados que congrega todos os elementos analisados ou dados insuficientes para realizar

810 testes estatísticos.

811

812

813

814

815

816

817 Tabela 2 - Emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência (IVE) e
 818 velocidade de germinação (VG) de *Caryocar coriaceum* Wittm. em três diferentes
 819 fisionomias da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. FUSp – Floresta úmida
 820 semiperenifólia.

	Geral	Cerrado	Cerradão	FUSp
Emergência (%)	11,33±9,91	14±23,75	20±21,91	0
IVE	0,0024±0,0046	0,003±0,0054	0,0043±0,0048	0
VG	72,74±112,54	98,58±122,82	119,65±121,45	0

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

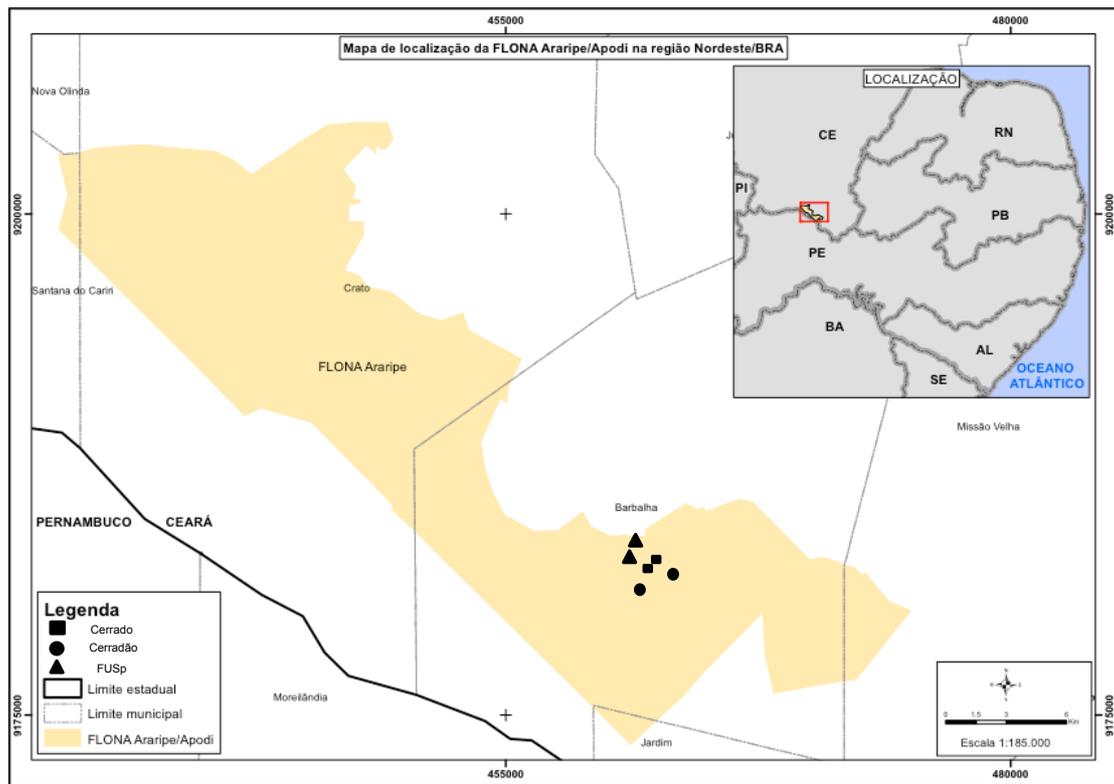
836

837

838

839

840 Lista de figuras



841

842 Figura 1 – Localização geográfica da Floresta nacional do Araripe (FLONA), Ceará –

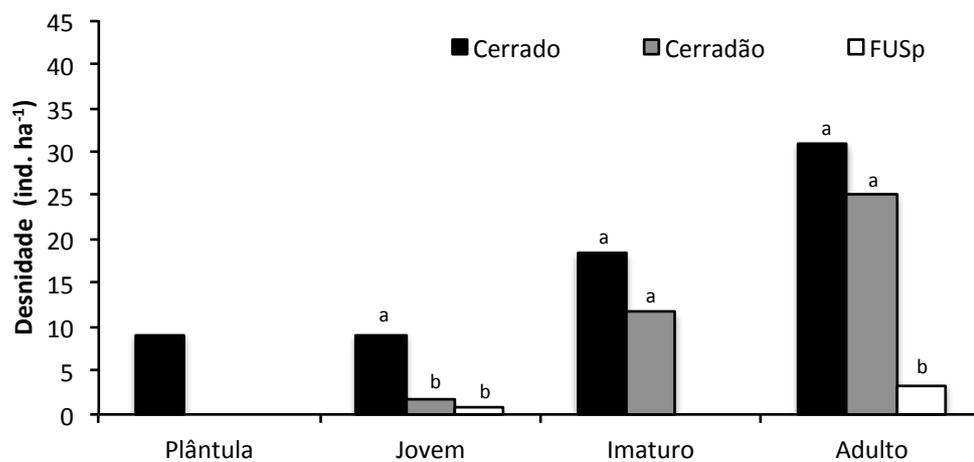
843 Brasil e das parcelas amostradas para o levantamento populacional de *Caryocar*

844 *coriaceum* Wittm. Em três distintas fitofisionomias.

845

846

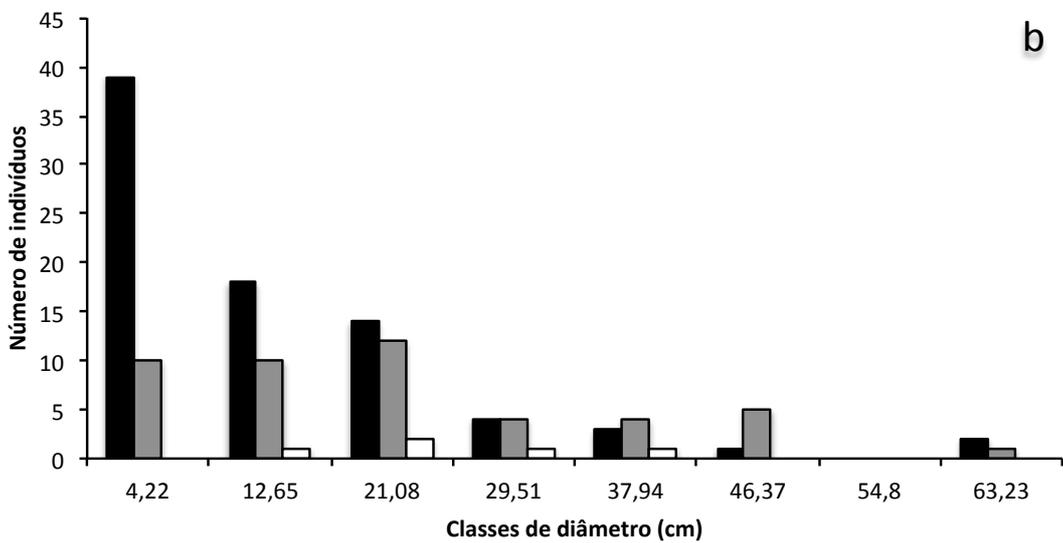
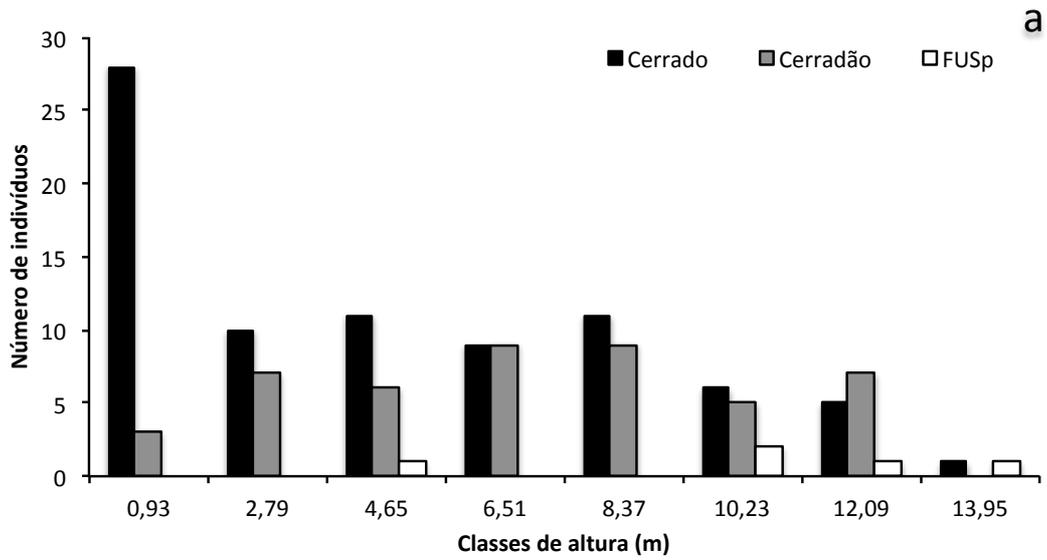
847



848

849 Figura 2- Densidade de *Caryocar coriaceum* Wittm. (indivíduos.ha⁻¹) por estágio
 850 ontogenético em três fisionomias (cerrado, cerradão e Floresta úmida semiperenifólia
 851 - FUSp) da Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil. Letras diferentes acima das
 852 barras indicam diferenças significativas entre as densidades de determinado estágio
 853 em cada fitofisionomia, de acordo com o teste de Qui-quadrado (χ^2) ($p < 0,05$).

854



855

856

857 Figura 3- Distribuição do número de indivíduos em classes de altura (a) e diâmetro do

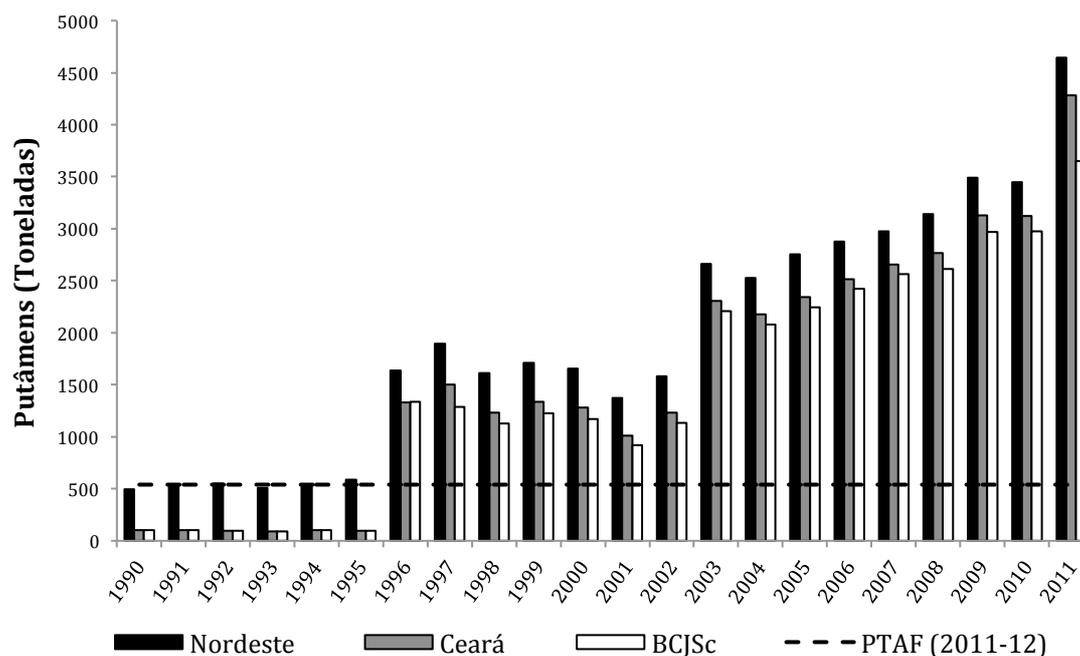
858 caule (b) para populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. em três fisionomias

859 (cerrado, cerradão e Floresta úmida semiperenifólia - FUSp), na Floresta Nacional do

860 Araripe, Ceará. Os valores no eixo horizontal representam os pontos médios das

861 classes de tamanho.

862



863

864 Figura 4- Evolução da extração de *Caryocar coriaceum* Wittm. em escalas regionais e

865 locais, estimativas de produção máxima de putâmens baseada no número médio de

866 frutos produzidos (safra 2011-12) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará - Brasil.

867 (Fonte: IBGE, 2013). BCJSc - refere-se aos municípios de Barbalha, Crato, Juazeiro

868 do norte e Santana do cariri. PTAF - Produção de frutos considerando que todos os

869 adultos estejam frutificando com, pelo menos, o número médio registrado para cada

870 fisionomia ou a média geral para o caso da fisionomia FUSp.

871

872

873

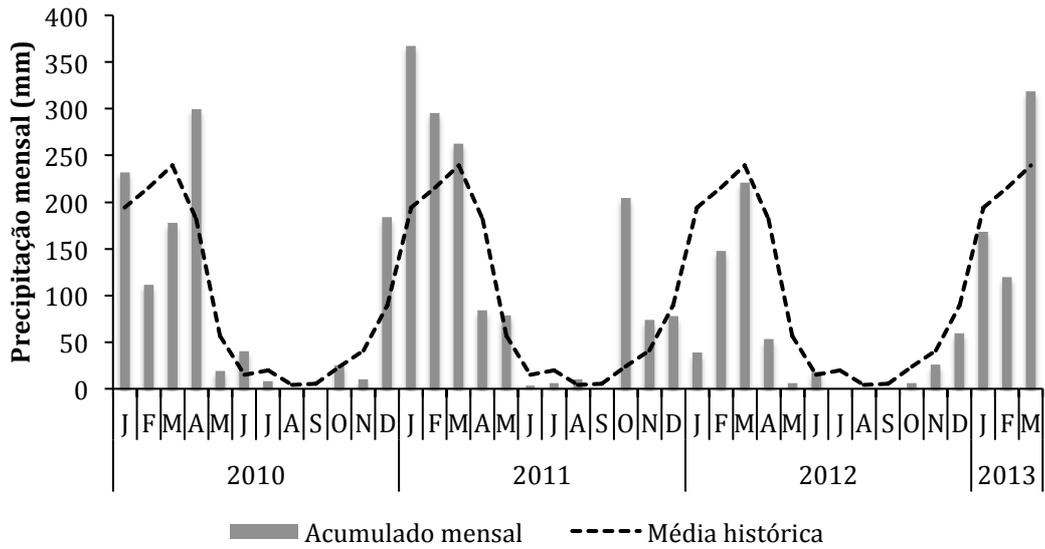
874

875

876

877

878



879

880 Figura 5 – Acumulado mensal e média mensal histórica da precipitação pluviométrica
 881 registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará – Brasil. Fonte: INMET 2013.

882

Manuscrito 2 - Avaliação da sustentabilidade do extrativismo do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará – Brasil.

Artigo será enviado ao periódico *Forest Ecology and Management*

Avaliação da sustentabilidade do extrativismo do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará – Brasil.

Alyson L.S. Almeida^{1, *}, Jennifer L. Bufford², Tamara Ticktin³, Suelma R. Silva⁴,
Elcida L. Araújo⁵ e Ulysses P. Albuquerque^{1, 5}

1- Laboratório de Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA), Universidade Federal Rural de Pernambuco;

2- Doutoranda da Universidade do Hawai`i em Manoa, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em ecologia, etnoecologia e conservação da biodiversidade;

3- Professora de Botânica da Universidade do Hawai`i em Manoa, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em ecologia, etnoecologia e conservação da biodiversidade. 3190 Maile Way, Honolulu, HI 96822.

4- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da biodiversidade do Cerrado e Caatinga-CECAT, Brasília-DF, Brasil. CEP 70.670-350.

5- Professor Associado, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Biologia, Área de Botânica. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil. CEP 52171-900.

* alysonluiz@gmail.com

Resumo: *Caryocar coriaceum* Wittm, é uma fruteira endêmica do Cerrado brasileiro, sendo a Floresta Nacional do Araripe (FLONA) a principal fonte desse recurso em toda a região Nordeste do Brasil. Devido à crescente demanda por seus frutos e por estar ameaçada de extinção, são necessários dados que suportem estratégias para o uso sustentado a longo prazo. Esta pesquisa objetivou compreender o efeito da extração de frutos e variações climáticas na dinâmica populacional usando análises matriciais. Foram gerados dados da dinâmica populacional em duas fisionomias da FLONA em três transições (2007-2008; 2011-2012; 2012-2013), sendo uma delas durante a pior estiagem dos últimos 30 anos. As taxas de crescimento projetadas foram, em geral, superiores ao limiar de estabilidade ($\lambda > 1$), indicando que há tendência de declínio populacional. Em geral, o estágio imaturo apresenta muito mais indivíduos do que o esperado. Isso se dá, provavelmente, pelo ação pretérita de atividades agropastoris desenvolvidas no interior da FLONA até há poucos anos, o que favoreceria a regeneração natural das populações de *C. coriaceum*. O pequi está sujeito a uma pressão extrativa em torno de 90%, mas o manejo sustentável acontecerá se três em cada dez frutos forem deixados no ambiente. Estudos de maior duração poderão destrinchar a contribuição relativa do extrativismo e de outros fatores na diminuição da taxa de crescimento populacional.

Palavras-chave: Demografia, Elasticidade, LTRE, aquecimento global, produtos florestais não madeireiros.

Abstract: Pequi is an endemic fruit crop of the Cerrado region of northeast Brazil, and the National Forest Araripe (FLONA) the main source of this resource throughout the region. Due to an increasing demand for its fruits and to present themselves as threatened with extinction, the species lacks data to support strategies for sustained long-term use. This research aimed to understand the effect of extraction of fruit and climate variations using matrix analysis. Population dynamics data were generated in two faces FLONA three transitions (2007-2008, 2011-2012, 2012-2013), one of them being subjected to the worst drought in 30 years. The projected growth rates were above the stability limit ($\lambda > 1$), indicating that there is not a tendency for the population decline this pequi species. In general, the predicted distributions stable for the species do not have a negative exponential configuration (inverted "j"). The immature stage today presents many more individuals than expected for the stable distribution. This happens probably at past tense action agro pastoral activities within the forest a few years. What favors the regeneration of pequi. As with other fruit trees, pequi is subject to an extractive pressure of around 90%. Sustainable management happen if three out of ten fruits are left in the environment. Studies of longer duration may disentangle the relative contribution of the extractive and other factors in decreasing the rate of population growth.

Key words: Demography, Elasticity, LTRE, global warming, non timber forest products.

1 INTRODUÇÃO

A extração de produtos florestais não madeireiros (PFNM) tem sido desenvolvida por muitas populações humanas inseridas em diversos ecossistemas naturais, principalmente nos países em desenvolvimento (Avocèvou-Ayisso et al., 2009; Gaoue e Ticktin, 2007; 2009; Homma, 2010; Rist et al., 2010; Soldati e Albuquerque, 2008). O uso desses recursos é tido como uma forma de identificação cultural para grupos humanos, alternativa para assegurar a sua subsistência e uma estratégia de conservação da biodiversidade (Soldati e Albuquerque, 2008; Stanley et al., 2012). Porém, também é visto como um equívoco se não for considerado que os padrões de distribuição e reposição dos recursos nem sempre suportam a extração guiada por lógicas de mercado (Homma, 2010). O pequi (*Caryocar coriaceum*), fruteira nativa do Brasil (Prance et al., 2014), é um dos exemplos de PFNM cujos efeitos ecológicos da extração de frutos precisam ser devidamente investigados.

Muitas vezes, a atividade extrativa, feita unicamente a partir de fontes nativas, atende a mercados consumidores que demandam produtos em escalas comerciais. Isso pode acontecer sem que haja o devido controle e conhecimento dos elementos biológicos e dos padrões de reposição desses recursos (Hall e Bawa, 1993), o que pode gerar sobrexploração e levar as fontes naturais ao colapso (Homma, 2010; Peters, 1996; Peres et al., 2003).

Os efeitos ecológicos do extrativismo de fruteiras arbóreas nativas tem sido alvo de poucos estudos. Este tipo de extração geralmente está imersa em outras formas de aproveitamento das espécies (Stanley et al., 2012). É aparentemente visto como um dos menos impactantes, pois não necessariamente mata as plantas alvo de coleta (Cunningham, 2001; Peters, 1996), mas nem por isso deixa de ser uma atividade danosa. Os efeitos estão voltados para o nível populacional, tornando esse tipo de extração igualmente perigoso devido aos padrões de coleta a que determinada espécie

está submetida. A extração de frutos pode causar muitos efeitos em processos ecológicos chave para populações vegetais: diminuição da taxa de estabelecimento de plântulas e recrutamento, ruptura de relações com a fauna associada, variações na estrutura populacional e perda de nutrientes e consequente queda da produção de estruturas reprodutivas (Cunningham, 2001; Peters, 1996). No entanto, a literatura recente mostra que esse tipo de aproveitamento tem sido considerado sustentável por mais de 60% dos estudos (Stanley et al., 2012).

O pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) é uma planta extremamente importante para as pessoas que vivem em sua zona de ocorrência. Boa parte da renda de muitas famílias resulta da coleta e da venda dos frutos *in natura* ou do óleo feito a partir da sua polpa (Gonçalves, 2007). Devido à intensa exploração, guiada por uma demanda comercial crescente, a espécie se encontra na categoria “em perigo” de extinção (Prance et al., 2014). Tal fato desperta atenção em torno dessa planta tão importante para populações humanas inseridas nas áreas de sua distribuição. No entanto, ainda são poucas as informações sobre a história de vida da espécie que possam subsidiar estratégias de conservação da mesma. Assim, o presente estudo realizou a modelagem matricial de *Caryocar coriaceum* a partir de dados demográficos visando caracterizar a dinâmica da espécie sob influência simulada de extrativismo. Objetivou-se: 1. investigar o efeito do extrativismo de frutos sobre a taxa de crescimento populacional, considerando também a cota de frutos que devem ser reservados à fauna associada a espécie nos cenários simulados; 2. identificar as etapas do desenvolvimento do pequi responsáveis por variações nas taxas de crescimento populacionais em diferentes fisionomias da FLONA; 3. analisar o efeito da estocasticidade climática sobre as populações vegetais submetidas ao extrativismo de frutos; 4. determinar a pressão extrativista máxima sem prejuízos para as populações vegetais e fauna associada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área e espécie alvo do estudo– Situada na região sul Ceará na Chapada do Araripe (07°11'42" a 07°28'38" S e 39°13'28" a 39°36'33" W), a Floresta Nacional do Araripe (FLONA), uma unidade de conservação (UC) de uso sustentável com uma cobertura florestal formada predominantemente por espécies nativas (Brasil, 2000), abrange uma área de 38.262 hectares (Figura 3).

O clima na área região é tropical quente úmido (Aw) com temperatura média anual entre 24-26 °C, altitudes variando entre 870 a 970 metros e relevo tabular (Cavalcanti e Lopes, 1994; Bezerra, 2004). A precipitação média anual é de 1.043 ± 333,99mm (Figura 4), sendo as chuvas, com pico em março, concentradas dezembro e abril. O período seco na região dura de cinco a sete meses e a taxa de ocorrência secas severas é de 18% (INMET, 2013). Duas classes de solos são encontradas na FLONA: o Latossol amarelo e o Latossol vermelho-amarelo, ambos profundos, com boa drenagem, mas fertilidade baixa, elevada acidez e teores tóxicos de alumínio (Bezerra, 2004).

A cobertura vegetal da área é constituída por diferentes fitofisionomias: cerrado *sensu stricto*, cerradão, carrasco e floresta úmida semiperenifolia (FUSp). Os solos da classe Latossol distrófico foram associados principalmente às fisionomias cerrado *sensu stricto* e cerradão, que cobrem mais de 80% da reserva (Bezerra, 2004).

O pequi (*C. coriaceum*) é uma planta nativa do Brasil, muito importante para a cultura, medicina tradicional e economia de populações humanas viventes no Cerrado brasileiro (Agra et al., 2007; Braga, 1976; Oliveira et al., 2008; Oliveira, 2009). É

uma espécie arbórea, atingindo até 2 metros de diâmetro e 15 metros de altura, com ramificação iniciando próximo à base (Figura 1). Sua distribuição geográfica está restrita à região dos cerrados, podendo ser encontrada nos estados da Bahia e Ceará (Prance et al., 2014).

Os principais usos são derivados dos seus frutos, obtidos exclusivamente a partir do extrativismo de populações silvestres, pois não existem áreas de cultivo dessa espécie (Oliveira et al., 2008). Durante a safra no Nordeste, que acontece entre janeiro e abril (Bezerra, 2004), o manejo do extrativismo se dá a partir da coleta dos frutos caídos naturalmente sobre o solo. Os coletores não pegam frutos enquanto estão nas árvores, pois, neste estado, eles não estão maduros o suficiente e não serviriam para o consumo ou comércio (Oliveira et al., 2008). A venda dos frutos representa uma importante fonte de renda para muitas famílias de “pequizeiros”, nome dado aos coletores dos frutos, na microrregião do Cariri Cearense (Gonçalves, 2007). Nessa região, os pequizeiros deslocam-se para as áreas adjacentes à Floresta Nacional do Araripe, onde alguns ficam alojados em acampamentos para minimizar os custos energéticos relacionados à coleta, seleção, beneficiamento dos frutos para produção do óleo do pequi e venda de frutos *in natura*, óleo e até mudas da espécie (Gonçalves, 2007) (Figura 2).

2.2 Pontos de amostragem - No plano de manejo da FLONA está explicitado que a densidade populacional do pequi varia em função da fisionomia florestal avaliada. Isso, provavelmente, deve guiar a atenção dos coletores de frutos para as regiões mais produtivas, mas não foi possível identificar áreas livres da pressão de coleta dos frutos. Neste sentido, toda a extensão da unidade de conservação é alvo do

extrativismo por parte das inúmeras comunidades (em torno de 20) alojadas nos arredores da FLONA (Bezerra, 2004).

Para determinar as taxas demográficas do pequi, no interior da UC foram amostradas dez áreas em três diferentes fisionomias florestais: cerrado *sensu stricto*, cerradão e FUSp (figura 3). Nestas fisionomias foram realizados levantamentos populacionais trimestrais no período de 2007-08 (um ano = uma transição) e 2011-13 (dois anos = duas transições). O conjunto de dados coletados nestes levantamentos foram fruto dos trabalhos de equipes de pesquisadores do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) no âmbito do projeto de cooperação Brasil-Itália e do Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Conservação e Potencial de Uso de Recursos Biológicos no Semiárido do Nordeste do Brasil, respectivamente.

2.3 Estrutura e dinâmica populacional - em janeiro de 2007 foram instaladas quatro parcelas de 100x100m, subdivididas em parcelas contíguas menores de 20x50m, em áreas de cerrado e cerradão. Destas parcelas foram usados os dados de estrutura, dinâmica, incremento diamétrico anual e produção de frutos. Em janeiro de 2011 foram instaladas, em outras áreas de cerrado, cerradão e FUSp, mais seis blocos de 14 parcelas cada, dispostas em duas faixas de sete parcelas de 20x20m por fisionomia, distantes 10m uma da seguinte. Estas parcelas estavam contidas em parcelas permanentes maiores (50x200m) (Baldauf e Santos, 2013), onde foram coletadas as informações referentes à estrutura, dinâmica, produção de flores e frutos por indivíduo (Figura 3). No total, amostraram-se 7,36 ha da FLONA. Em todos os levantamentos cada indivíduo teve a sua altura e circunferência ao nível do solo (CNS) medidos. Novos ingressantes e baixas foram devidamente registrados. No levantamento populacional feito em 2007 foram amostrados 248 indivíduos (173 no

cerrado e 75 no cerradão). No senso realizado em 2011 havia 132 indivíduos (81 no cerrado, 46 no cerradao e 5 na FUSp).

2.4 Produção de estruturas reprodutivas - Para caracterizar a produtividade média por indivíduo foram realizadas, antes do início da fase de maturação (caracterizada pelo início da queda de frutos), contagens diretas em campo nos indivíduos em produção presentes nas parcelas de cerrado e cerradão durante as safras 2007-08 e 2011-12. Os dados dessas fisionomias (safra 2011-12) foram usados para determinar a proporção de adultos frutificando em cada fisionomia. A complementação dos dados para o cálculo da fecundidade foi feita a partir de estudos anteriores realizados na mesma região, os quais forneceram informações sobre a quantidade média de sementes por fruto e as taxas de remoção e predação natural dos putâmens pela fauna associada ao pequi (Santos, 2012; Souza Júnior et al., 2013).

2.5 Construção do modelo de projeção matricial populacional – Matrizes de transição (Caswell, 2001) para populações de *Caryocar coriaceum* foram construídas usando parâmetros demográficos obtidos nos inventários populacionais. Como a FUSp não permitiu a construção de uma matriz em nenhum ano do monitoramento, esta análise foi executada apenas para as fisionomias cerrado e cerradão. Para cada uma destas foi concebida uma matriz (4X4) por ano de amostragem, ou seja, três intervalos. Além disso, foram construídas mais três matrizes que unificavam os dados das duas fisionomias, considerando, mais uma vez, os três tempos amostrais. Neste sentido, foram concebidas nove matrizes, das quais seis específicas e três gerais. Neste último caso, incluíram-se dados dos cinco indivíduos da FUSp.

As populações foram divididas em quatro estádios (Figura 5): 1) plântulas com caule herbáceo (sem lignificação) e presença das folhas cotiledonares; 2) jovens com ramificação primária e caule lignificado; 3) imaturos com ramificações secundárias; e 4) adultos, que tinham iniciado a produção de flores e/ou frutos. Foram considerados como ingressantes os novos indivíduos que germinaram após a instalação dos experimentos. Aqueles que desapareceram ou secaram, sem posterior rebrota, foram considerados mortos (Araújo, 1998).

O modelo da matriz foi baseado nos estádio populacionais. Um ciclo de vida de *Caryocar coriaceum* pode ser descrito pelo gráfico da Figura 5 e também pode ser expresso como uma projeção matricial (A) da forma:

$$A = \begin{pmatrix} SP & 0 & 0 & F \\ pP & SJ & 0 & 0 \\ 0 & pJ & SI & 0 \\ 0 & 0 & pI & SA \end{pmatrix} \quad N_{(t)} = \begin{pmatrix} nP \\ nJ \\ nI \\ nA \end{pmatrix}$$

Os valores de **S** e **p** representam a probabilidade de um indivíduo permanecer ou passar de um estádio a outro, respectivamente, sendo o resultado da razão entre o número final e o inicial de elementos em cada estádio, e a proporção de elementos que recrutaram no período de cada ciclo (um ano), respectivamente. Os valores de fecundidade (F) foram obtidos a partir do produto entre o número de adultos X número de sementes produzidas X taxa de extração X taxa de germinação em condições de campo (Kroon et al., 2000). Para a transição 2012-2013, os dados da frutificação não puderam ser totalmente contabilizados por conta de uma forte estiagem que afetou toda a região Nordeste do Brasil (Figura 4). Nos poucos indivíduos que estavam frutificando naquela estação, esse evento climático provocou

o abortamento de cerca de 70% dos frutos quando comparados com a safra anterior. Por causa disso, foram usados dados referentes 40% da frutificação da safra 2011-2012.

As taxas de passagem de plântula para jovem e deste estágio a imaturo eram nulas tanto no cerrado quanto no cerradão. Por isso, essas taxas vitais precisaram receber informações oriundas de outro conjunto de dados (Portela et al., 2010), o que se conhece por “*data poolings*”. Na primeira transição (2007-08) agruparam-se dados de passagem de jovem-imaturo do cerradão aos do cerrado. Nas segunda, dados do cerradão (2012-13) e do cerrado (2011-12) foram agrupados aos do cerrado para que as taxas de transição de plântula-jovem e jovem-imaturo não ficassem iguais a zero, respectivamente. Na última transição dados da transição plântula-jovem do cerrado (2011-12) se juntaram aos dessa mesma fisionomia. Por último, dados do cerrado (2012-13) foram usados para completar informações sobre a transição entre jovem-imaturo no cerradão.

Para testar o efeito simulado de diferentes taxas de extrativismo dos frutos, foram calculadas as taxas de crescimento para as populações projetadas (λ). Estimaram-se os intervalos de confiança (95%) de λ através da técnica de *bootstrapping*, em que se realizaram 1000 arranjos para cada uma das tabelas de dados, o que proporcionou a geração de 1000 matrizes para as quais os valores de λ foram calculados (Caswell, 2001).

Foram modeladas as taxas estocásticas de crescimento das populações projetadas (λ_s) em condições de aumento da probabilidade de secas severas. Neste caso, a regra de probabilidade de ocorrência de um período estocástico foi definida através da matriz da transição do período 2012-2013, a qual serviu de referência de

ano seco, pois a precipitação durante período ficou abaixo da média anual local (Tuljapurkar et al., 2003; Horvitz et al., 2005). Foi verificado, também, o efeito do extrativismo simulado em situações estocásticas, sendo considerada a probabilidade empírica de ocorrência de anos secos (18%) (INMET, 2013).

Obtiveram-se as elasticidades de lambda a variações em cada parâmetro populacional para cada uma das matrizes (Caswell, 2001). Para quantificação da contribuição de cada taxa vital para diferenças observadas em lambda entre as fisionomias da FLONA, realizou-se a análise de experimentos de resposta de tabelas de vida (LTRE). Nesta análise usaram-se as sensitividades das matrizes empíricas (Caswell, 2007) na comparação entre: 1. anos em uma mesma fisionomia; 2. fisionomias em cada ano; 3. fisionomias, sendo considerada a média da sensitividade entre as matrizes para todas as transições (2007-08; 2011-12; e 2012-13).

2.6 Análise de dados e questões legais – Diferenças na proporção de indivíduos, de um mesmo estágio, entre os valores observados e projetados para a distribuição estável, foram investigadas pelo teste do chi-quadrado (χ^2). Todas as análises matriciais foram realizadas usando os pacotes *Popbio*, *Popdemo*, *Vegan* e *Stats* (Oksanen et al., 2013; Stott et al., 2012; Stubben e Milligan, 2007) com o programa R 2.14 (R Core Team, 2013) e o programa Bioestat 5.0 (Ayres et al., 2007). O Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio) concedeu autorização para a execução desta pesquisa em Unidade de Conservação Federal sob o número: 27085-1/2011.

3 RESULTADOS

3.1 Dinâmica populacional no cerrado e cerradão – o incremento diamétrico anual médio (IDA) ficou em torno de 0,7 centímetros. Em média, o IDA médio foi menor para as plântulas (0,23). Jovens e imaturos apresentaram valores semelhantes (0,57 e 0,58, respectivamente). Os adultos apresentaram a maior média (0,93). Ao considerar que a fase adulta aconteceu quando os indivíduos atingiam cerca de 15cm de diâmetro. Dessa forma, crescendo $0,7\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$, indivíduos de *C. coriaceum* levariam quase 22 anos para chegar a esse ponto. Considerando toda a variação de diâmetro registrada, um indivíduo levaria mais de 110 anos para alcançar este tamanho. O tempo de transição (período que compreende o crescimento entre o centro e o limite máximo da variação de tamanho para cada estágio) foi menor para as plântulas (2,39 anos) e mais de vinte vezes maior para os adultos (52,71 anos). Consequentemente, a taxa de transição foi maior para as plântulas (42%) e menor para os adultos (2%).

Considerando todas as populações avaliadas, a mortalidade absoluta foi mais intensa do que o ingresso de novos indivíduos (Tabela 1). Maior número de mortes (12 indivíduos) aconteceu entre os adultos no cerrado e entre jovens no cerradão (2007-08), enquanto que nas áreas avaliadas entre 2011-13 o maior número de baixas ocorreu entre os jovens no cerrado durante o segundo ano de monitoramento.

Nas áreas de cerrado avaliadas entre 2007-08 foram registrados oito ingressantes. Apenas uma nova plântula no cerradão (2011-12) e outra no cerrado (2012-13) nasceram durante dois anos de monitoramento nessas outras áreas analisadas. A sobrevivência com permanência em um mesmo estágio foi bem expressiva para todas as fisionomias em todos os levantamentos.

A progressão ocorreu mais acentuadamente nos primeiros estágios de desenvolvimento, mas, em geral, a uma taxa superior à esperada, se considerado o

incremento diamétrico anual médio. A passagem de indivíduos imaturos para a fase adulta também aconteceu, sendo mais frequente na fisionomia cerrado.

3.2 Projeção matricial - As nove matrizes de transição obtidas a partir dos dados demográficos resultaram em valores absolutos para as taxas de crescimento geralmente negativas ($\lambda < 1$). Mas, considerando os intervalos de confiança, não há indicativos de diminuição dos tamanhos populacionais (Tabela 2). A taxa de crescimento absoluta (λ) da transição 2011-2012 estava ligeiramente acima de um (95% dos intervalos de confiança entre 0,968-1,05 para dados agrupados de todas as fisionomias e 0,958-1,059 no cerrado).

A fecundidade empírica, com incorporação da extração, remoção e/ou predação de frutos no contexto atual, variou de 0,07 plântula.indivíduo⁻¹ (cerrado 2012-2013) até 0,48 plântula.indivíduo⁻¹ (cerradão 2011-2012).

Geralmente, a estrutura populacional nos estádios de desenvolvimento foi semelhante à que o modelo de projeção matricial previu, mas, em alguns casos, diferiu significativamente (Figura 6). Na transição 2007-2008, a proporção de jovens no cerrado ($\chi^2=11,3$; gl=1; $p<0,01$) foi menor do que a predita. Já os imaturos no cerrado ($\chi^2=7,99$; gl=1; $p<0,01$) e cerradão ($\chi^2=16,58$; gl=1; $p<0,01$) estavam em maior número do que prevera o modelo. Na transição 2011-2012 apenas o número de plântulas no cerradão era menor do que o esperado ($\chi^2=29,28$; gl=1; $p<0,01$). Esse dado mostrou-se, em parte, semelhante ao da transição 2012-2013, em que foram registradas menos plântulas no cerradão ($\chi^2=10,29$; gl=1; $p<0,01$). Nessa fisionomia, no mesmo período, a proporção de imaturos foi maior do que a prevista pelo modelo ($\chi^2=8,18$; gl=1; $p<0,01$).

De acordo com os valores do sub-vetor direito (D_p) da taxa de crescimento populacional, as matrizes das transições dos anos com média pluviométrica dentro da média histórica mostraram maiores valores. As populações da transição 2007-2008 apresentaram tempo de convergência de 43 anos no cerrado e 40 anos no cerradão. A medida de distância (D_p) para esses lugares foi de 1,221 no cerrado e 1,218 no cerradão. A população do cerrado (2011-2012) teve o menor tempo de convergência (22 anos) e valor intermediário quanto à distância da distribuição estável predita pelo modelo ($D_p=1,163$). Ao passo que as populações da última transição (2012-2013) demorariam mais tempo (53 anos no cerradão e 59 no cerrado) para atingir a distribuição estável, além de serem as populações menos resilientes ($D_p=1,118$ e 1,071).

3.3 Elasticidade e LTRE – a sobrevivência com permanência em um mesmo estágio, especialmente o adulto, foi o parâmetro populacional que mais afetaria a taxa de crescimento (λ), caso sofresse mínimas alterações (Figura 7). O cerradão apresentou os maiores valores de elasticidade de lambda a pequenas variações nas taxas de sobrevivência dos adultos (cerca de 80%). Os outros parâmetros (sobrevivência com passagem de estágio e fecundidade) teriam fraca influência sobre lambda. Dessa forma, pequenas variações nas taxas vitais do estágio adulto promoverão efeitos sobre a taxa de crescimento populacional com magnitude muito maior do que nos demais estádios.

Observando os dados gerais das duas primeiras transições avaliadas, não houve grandes diferenças em λ . Quando foram detectadas, mais fortes no cerrado, foram provocadas principalmente pela sobrevivência dos indivíduos adultos, passagem de estágio entre jovem-imaturo e maior fertilidade no período 2011-2012.

Esse efeito tem o mesmo padrão, mas com uma intensidade bem menor entre a primeira e a terceira transição, pois a diferença foi bem pequena (Figura 8). Quando analisadas as duas últimas transições, observa-se que o λ do período 2011-2012 foi maior do que o de 2012-2013 por causa de uma maior taxa de passagem entre jovem-imaturo, fertilidade e sobrevivência de adultos.

A estase e a passagem entre jovem e imaturo foram os principais parâmetros que guiaram as diferenças em λ no cerrado. No cerradão, a fertilidade foi o principal fator de diferenciação quando confrontadas as duas primeiras transições. A estase de adultos guiou a diferença em λ entre a primeira e a última transição, pois esse parâmetro foi maior entre 2007-2008 e entre 2011-2012.

As diferenças em λ entre fisionomias em uma mesma transição foram provocadas por uma maior estase de adultos no cerradão na primeira transição, passagem de estádio entre plântula-imaturo no cerrado na segunda e maior estase geral no cerrado na última transição (Figura 9).

Em média, a passagem de estádio (plântula-jovem) e , de forma geral, estase de jovens determinaram valores de λ superiores no cerrado. Quando analisadas as duas últimas transições, a passagem de estádio (plântula-jovem) também foi o fator decisivo no maior valor de λ no cerrado (Figura 10).

3.4 Sustentabilidade do extrativismo de frutos – o efeito simulado do extrativismo, baseado em sucessivas diminuições na proporção de putâmens disponíveis para a regeneração natural mostrou que, nas duas primeiras transições, as populações poderiam sofrer mais de 90% de extração sem que a taxa de crescimento ficasse abaixo de um (Figuras 11 e 12). As simulações também levaram em consideração a

parcela de frutos que serviriam às necessidades da fauna local. Nesse sentido, o extrativismo do pequi ainda poderia atingir quase toda a produção de fruto.

A última transição avaliada (2012-2013) mostrou que em situações de estiagem severa há queda na produção de frutos e tanto o extrativismo quanto as tendências futuras para o pequi ficam prejudicadas (Figura 13). As simulações evidenciaram que as atuais taxas de extração de frutos encontram-se em patamares que sugerem cuidados, pois podem estar acima do que seria o limiar da estabilidade populacional ($\lambda=1$).

Com relação ao comportamento diferencial frente ao extrativismo, verificou-se que tanto o cerrado quanto o cerrado têm populações de pequi resistentes. Mesmo em condições climáticas adversas, os extrativistas poderiam, em bases sustentáveis, retirar até 90% dos frutos e, mesmo assim, a taxa de crescimento instantânea permaneceria maior que um. Em anos atípicos, essa fisionomia teria um potencial extrativista equivalente a 70% do que seria possível retirar do ambiente em anos normais. Nessas condições, a atividade extrativa pode ser prejudicada pois a quantidade estimada não atenderia a demanda do comércio local de forma satisfatória, o que não motiva os coletores a buscarem os frutos ou pode aumentar a pressão de coleta e função do aumento dos preços.

3.5 Análise de estocasticidade ambiental (λ_s) – o aumento na probabilidade de ocorrência de secas na região da FLONA exercerá efeitos sutis sobre as populações de *C. coriaceum*, diminuindo os valores de λ_s . Caso a taxa de ocorrência de anos secos na região aumentasse de 10 para 33%, o λ_s , de forma geral, diminuiria de 0,98 para 0,977. O mesmo aconteceria com relação às populações do cerrado, mas, com as do cerrado a situação seria diferente e o λ_s teria um decaimento de 0,992 para 0,978.

Portanto, as populações do cerradão são as potencialmente mais vulneráveis em um contexto de variações climáticas em escala local (Figura 14).

Caso a frequência de secas na região se mantenha, a extração de frutos poderá continuar a ser empreendida a taxas bem elevadas. Em geral, o λ_s ficou acima de 1,0 mesmo com uma taxa de coleta em torno dos 85%. Populações do cerrado são as mais resistentes a variações climáticas, tendo apresentado quase o mesmo valor de lambda estocástico ($\lambda_s=1,004$), mas para uma taxa potencial de extração de 93% (Figura 15). Isto mostra o grau de adaptação da espécie ao ambiente que tem os maiores adensamentos.

4 DISCUSSÃO

4.1 Dinâmica populacional – as matrizes de transição, que continham em si as atuais taxas de extração de frutos, geraram modelos com valores de lambda acima de um. Porém os valores estão muito próximos de um. Isso denota um crescimento, mas muito discreto no número de indivíduos no futuro (entre 0,01 e 0,06/ano), do pequi em grande parte da FLONA. O extrativismo parece não exercer efeito sobre as populações. Outras relações entre a espécie e os elementos bióticos e abióticos podem ser os causadores desse efeito, as quais têm o poder de diminuir a taxa de estabelecimento e recrutamento de plântulas e queda da produção de estruturas reprodutivas (Cunningham, 2001; Oostermeijer, 2003; Peters, 1996). Certamente, uma iminuição na oferta de frutos afetaria as pessoas que mantêm atividade extrativa na região (Homma, 2010). Em muitos casos, as plantas fruteiras são versáteis e sujeitas a diversos fatores de pressão (uso madeireiro, agricultura e pastoreio) além da coleta dos frutos (Bhati et al., 2000; Dhillon e Gustad, 2004; Emanuel et al., 2005; Sutherland e Delph, 1984). Com relação ao pequi na FLONA, as fontes de pressão

atuais estão ligadas aos eventos climáticos, que expõem a espécie a riscos durante as secas, e à caça dos seus dispersores. O uso da madeira, que é de alta qualidade, não é comum pois existem na região bons exemplos de substitutos. Além disso, os frutos e seus subprodutos têm reconhecido valor tanto financeiro quanto cultural por parte dos extratores. Mas, os dados desta pesquisa não são suficientes para atribuir à coleta a culpa pela atual situação das populações de *C. coriaceum*.

Na literatura ligada ao extrativismo de frutos encontram-se poucos exemplos de espécies para as quais os pesquisadores consideraram esse tipo de pressão como determinante dos problemas de distribuição das classes de diâmetro de populações com baixas densidades de plântulas e jovens (Avocèvou-Ayisso et al., 2009; Mithöfer e Waibel, 2003). Para definir as contribuições relativas dos diversos fatores associados ao pequi, assim como para muitas fruteiras úteis, serão necessários mais pesquisas monitorando as áreas por um período mais longo (Crone et al., 2011; Kadzere et al., 2006; Ngulube et al., 1997; Peters, 1996).

A alta elasticidade de λ a variações na sobrevivência com permanência em um mesmo estágio corrobora a predição proposta por Franco e Silvertown (2004) relacionada com a história de vida de espécies arbóreas. Essa influência concentrada nos estádios mais avançados, principalmente o adulto, é típica de populações submetidas ao extrativismo (Rist et al., 2010; Schimidt et al., 2011) e pode aumentar com a pressão extrativista (Oliveira, 2009; Zardo, 2008). No caso do pequi, essa dependência pode ser mais negativa devido ao grande número de elementos adultos nas populações.

A morte de adultos acarreta em diminuição na taxa de crescimento populacional numa proporção significativa com relação aos demais estádios. Felizmente, há um estoque grande, até maior do que o predito pelo modelo, de

indivíduos imaturos. Estes elementos poderão substituir, no médio prazo, os que eventualmente morrerem. Mas essa situação não se mostra favorável no longo prazo. A estrutura demográfica das populações de *C. Coriaceum* não mostram a distribuição em classes de tamanho de acordo com o modelo do “j” invertido (Dados não publicados). Seguindo o que preconiza o modelo, o baixo número de indivíduos nos primeiros estádios de desenvolvimento indicaria instabilidade populacional, resultado de germinação pouco expressiva aliado à uma pequena taxa de recrutamento nos últimos anos. Isso apontaria para uma tendência de declínio nos tamanhos populacionais no futuro para quase todas as populações estudadas (Condit et al., 1998; Rist et al., 2010), exceto em áreas de cerrado.

Uma série de fatores, biológicos e ecológicos, atuando sinergicamente podem ser responsáveis pelos valores de lambda encontrados. Embora não se possam delinear diferenças entre as fitofisionomias, as condições no cerrado parecem ser melhores nesse sentido. A fecundidade, um pouco superior no cerradão, contribuiu, em alguns casos, para gerar diferenças entre as fisionomias. O cerradão, por ter uma cobertura vegetal mais fechada, pode facilitar o movimento dos dispersores e as probabilidades de germinação, com conseqüente estabelecimento, tendem a aumentar.

O respeito às necessidades da fauna associada ao pequi pode implicar em manutenção da importância da sobrevivência com relação a λ , pois, com a superação da limitação de sementes, essa influência tenderá a ser diluída entre os estádios (Oliveira, 2009). Estratégias de manejo devem focar atenções nas etapas críticas da vida de *C. coriaceum*, a fim de recuperar tamanhos populacionais, fomentando a restauração das relações da planta com seus dispersores locais e conciliando demandas conservacionistas e econômicas.

4.2 Sustentabilidade do extrativismo de frutos e efeitos de mudanças climáticas –

as atuais taxas de extração, especialmente no cerradão, não suportam conclusões extremistas, sendo consideradas sustentáveis no longo prazo, pois $\lambda > 1$ na maioria das situações analisadas. Em outras regiões do Brasil, *C. brasiliense* teve sua taxa sustentável de extração estimada em torno dos 60% sem comprometer a remoção natural de diásporos (Zardo, 2008). Pode-se depreender que no cerradão da FLONA a pressão extrativista seja maior, provavelmente por causa do maior porte que as árvores alcançam. O tamanho (DNS) das árvores neste ambiente foi correlacionado com a produção de frutos. Nessas áreas, a união de aspectos, como a densidade e tamanho, pode ser o fator determinante em despertar a atenção dos coletores, determinando as rotas de forrageamento (Soldati e Albuquerque, 2012; Begossi, 1993; Sinha e Bawa, 2002). Porém, novos dados oriundos das percepções dos coletores sobre suas relações com a espécie em seus diferentes habitats de ocorrência ainda não são disponíveis para elucidar essa questão.

Dependendo da escala de observação pode-se chegar a diferentes conclusões: avaliando as populações como um todo, o padrão é de coleta temporária de ser danoso (Peres et al., 2003); Mas, quando se observam dados em diferentes fisionomias, nota-se que o extrativismo ainda ocorre de forma sustentada. Nesse sentido, a análise particular dos ambientes ocupados pelo pequi na FLONA proporcionou a delimitação de pontos de referência para futuras ações de manejo, baseadas nas peculiaridades dos ambientes.

Mais da metade dos estudos relacionados com os efeitos ecológicos em plantas submetidas ao extrativismo mostra que as populações vegetais sofreram algum impacto negativo (Neumann e Hirsch, 2000). Recentemente, os pesquisadores têm sido confrontados com a impossibilidade de, em muitos contextos, desenvolver

desenhos experimentais mais robustos, contendo várias populações sob diferentes condições ambientais, níveis de extração e durante longos períodos (Schmidt et al., 2011; Ticktin, 2004). Os estudos sofrem certa limitação, no sentido de que algumas análises não podem ser realizadas (Schmidt et al., 2011) pelo fato de não ser possível analisar (por não existirem, em muitos casos) populações livres da pressão extrativa, especialmente quando experimentos são conduzidos em áreas de livre acesso, como é o caso da FLONA. Dessa forma, não se pode dizer que o extrativismo é a força diretora do impacto ecológico, haja vista as elevadas taxas de extração que são possíveis sem que as populações atinjam taxas de crescimento abaixo do limiar de estabilidade (Neumann e Hirsch, 2000; Oliveira, 2009; Silvertown, 2004; Ticktin et al., 2012).

O mesmo se pode afirmar, com relação ao pequi, quando se consideram as secas que afetam a região nordeste do Brasil com certa regularidade. Embora possa afetar a fecundidade, a disponibilidade de frutos e a própria atividade econômica, a oferta de água (como condição ambiental variável) não se mostrou como uma barreira efetivamente forte em promover uma diminuição considerável nas taxas de crescimento populacionais em cenários simulados de extração de frutos (Ticktin, 2004). Na iminência de aumento da probabilidade desses eventos climáticos críticos, o painel intergovernamental sobre mudanças climáticas das nações unidas (IPCC/ONU, 2013) vem alertando para o fato de que isso pode gerar cada vez mais conflitos relacionados ao uso dos recursos de acesso comum. Isso é reforçado quando se analisam os dados do efeito simulado do extrativismo na transição 2012-2013, quando a região da FLONA recebeu a menor quantidade de chuvas dos últimos 30 anos. Apenas a fisionomia cerrado, ou seja, pouco mais de 30% da área da FLONA estavam produzindo frutos, mas em quantidade bastante inferior ao normal.

5 CONCLUSÕES

O extrativismo de frutos da forma como tem sido realizado não se constitui em forte pressão às populações de pequi na FLONA, principalmente com relação à regeneração natural da espécie. A atividade pode limitar a chegada de novos indivíduos pela simples falta de propágulos no ambiente. Mas não há evidências de que isso seja devido ao extrativismo de frutos do pequi.

C. coriaceum, assim como a maioria das espécies arbóreas de vida longa submetidas ao extrativismo e cujos efeitos ecológicos já foram investigados, tem alta dependência do estágio adulto para a manutenção das taxas de crescimento populacionais. Independente da fisionomia em que se encontrem, os adultos regulam as taxas de crescimento. A tendência, no futuro, é que a espécie sofra de severa privação na formação de estruturas reprodutivas, visto que a proporção de adultos é muito alta e há poucos elementos para a substituição. Além disso, a própria atividade extrativa sofrerá por causa dos atuais padrões de coleta, caso nenhuma ação mitigadora seja posta em prática brevemente.

Talvez, o fechamento da FLONA para a coleta em safras afetadas pela falta de chuvas possa oportunizar eventos de pulsos regenerativos. De certa forma, isso parece que já está ocorrendo devido ao desinteresse dos coletores em ingressar na floresta durante períodos de seca. Alternativamente, poder-se-ia optar pelo bloqueio da coleta em determinadas regiões para estimular a regeneração populacional nas áreas adequadas ao desenvolvimento do pequi.

Outras interações ecológicas, como a competição interespecífica no cerradão, também integram o bojo da problemática envolvendo o pequi. Mas, ainda é preciso esclarecer a contribuição relativa de cada fator nesse processo.

Apesar de ainda resistir a altas taxas de extração, o pequi precisa de um recuo da atividade econômica para algo em torno dos 70 - 80%. Isso poderá manter o quadro de sustentabilidade da atividade extrativa na região da FLONA e atenderá às demandas da fauna associada ao pequi.

Novos estudos são necessários a fim de elucidar os potenciais gargalos à regeneração natural do pequi. A continuidade de pesquisas monitorando a dinâmica populacional também deve ser fomentada, usando ferramentas de análise mais complexas que conferirão maior poder preditivo às estratégias que objetivem a sustentabilidade sócio ambiental da prática extrativa do pequi.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida a Alyson Almeida, Ulysses Albuquerque e Elcida Araújo; ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pela colaboração financeira concedida ao primeiro autor no âmbito do programa de apoio a elaboração de Teses e Dissertações; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche no Exterior a Alyson Almeida, além do apoio financeiro concedido a Elcida Araújo através do projeto do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD); ao projeto financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) através do Programa de Apoio a Núcleos de Emergência (PRONEM); ao Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade (ICMBio) e a todos os funcionários da Floresta Nacional do Araripe-Apodi (FLONA–Araripe) por todo o apoio logístico durante o trabalho de campo. Além disso, os autores agradecem aos membros do Laboratório de

Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA-UFRPE) e ao Laboratório de Etnoecologia da Universidade do Havaí, pelo apoio durante os trabalhos de campo e análise dos dados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agra, M.F., Freitas, P.F., Barbosa Filho, J.M., 2007. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 17, 114-140.

Araújo, E.L., 1998. Aspectos da dinâmica populacional em floresta tropical seca (Caatinga), Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas, SP. 95f.

Avocèvou-Ayisso, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G. & Van Damme, P., 2009. Sustainable use of non-timber Forest products: impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest ecology and management* 257, 1930-1938.

Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L. & Santos, A. A. 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. ONG Mamirauá. Belém, PA.

Baldauf, C. & Santos, F.A.M., 2013. Ethnobotany, Traditional Knowledge, and Diachronic Changes in Non-Timber Forest Products Management: A Case Study of *Himatanthus drasticus* (Apocynaceae) in the Brazilian Savanna. *Economic Botany* 67, 110-120.

- Begossi, A., 1993. Ecologia humana: um enfoque das relações homem-ambiente. *Interciência* 57, 121-132.
- Bezerra, F. W. B. 2004. Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. IBAMA, Crato, Brasil.
- Bhati, I.D., Rawal, R.S. & Dhar, U. 2000. The Availability, Fruit Yield, and Harvest of *Myrica esculenta* in Kumaun (West Himalaya), India. *Mountain research and development* 20, 146-153.
- Braga, R., 1976. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 3.ed. Mossoró.
- BRASIL. lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível em: www.mma.gov.br/port/sbf/dap/doc/snuc.pdf. Acesso em: 15 de abril de 2013.
- Caswell, H., 2001. Matrix populations models. Sinauer, Sunderland, EUA.
- Caswell, H., 2007. Sensitivity analysis of transient population dynamics. *Ecology letters* 10, 1-15.
- Cavalcanti, A.C. & Lopes, O.F., 1994. Condições Edafoclimáticas da Chapada do Araripe e Viabilidade de Produção Sustentável de Culturas. EMBRAPA-SPI. 42p.
- Condit, R., Sukumar, R., Hubbell, S.P. & Foster, R.B., 1998. Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. *American Naturalist* 152, 495-509.

Crone, E.E., Menges, E.S., Ellis, M.M., Bell, T., Bierzychudek, P., Ehrlén, J., Kaye, T.N., Knight, T.M., Lesica, P. & Morris, W.F. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology letters* 14, 1-8.

Cunningham, A.B. 2001. Opportunities and constraints on sustainable harvest: plant populations. Pp. 144-191. In: A.B. Cunningham. *Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation*. London Earthscan Publications Ltd.

Dhillon, S.S. & Gustad, G. 2004. Local management practices influence the viability of the baobab (*Adansonia digitata* Linn.) in different land use types, Cinzana, Mali. *Agriculture, ecosystems and environment* 101, 85-103.

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.

Franco, M. & Silvertown, J. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology* 85: 531-538.

Gaoue, O.G. & Ticktin, T. 2007. Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: Variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biological Conservation* 137, 424-436.

Gaoue, G.O. & Ticktin, T. 2009. Fulani knowledge of the ecological impacts of *Khaya senegalensis* (Meliaceae) foliage harvest in Benin and its implications for sustainable harvest. *Economic botany* 63, 256-270.

Gaoue, O.G., Horvitz, C.C. & Ticktin, T. 2011. Non-timber forest product harvest in variable environments: modeling the effect of harvesting as a stochastic sequence.

Ecological applications 21, 1604-1616.

Gonçalves, C.U. 2007. A organização dos pequizeiros na Chapada do Araripe.

Agriculturas 4, 21-23.

Hall, P. & Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber forest products on plant populations. *Economic botany* 47, 234-247.

Homma, A.K.O. 2010. O crescimento do mercado como mecanismo de desagregação da economia extrativa. In: V.A., Silva; A.L.S., Almeida & U.P., Albuquerque (Org.).

Etnobiologia e etnoecologia: pessoas & natureza na América Latina. Série

atualidades em Etnobiologia e etnoecologia, Primeira edição, Recife, NUPEEA.

Horvitz, C.C., Tuljapurkar, S. & Pascarella, J.B. 2005. Plant–animal interactions in random environments: Habitatstage elasticity, seed predators, and hurricanes. *Ecology* 86, 3312–3322.

Instituto nacional de meteorologia (INMET). Dados climáticos da estação automática de Barbalha-CE (1973-2013). Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em: 30 de abril de 2013.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC). 2012 - Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) Field, C.B.; V. Barros; T.F. Stocker; D. Qin; D.J. Dokken; K.L. Ebi; M.D. Mastrandrea; K.J. Mach; G.-K. Plattner; S.K. Allen; M. Tignor & P.M. Midgley (Eds.). Cambridge

University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU
ENGLAND, 582 pp.

Kadzere, I., Watkins, C.B., Merwin, I.A., Akinnifesi, F.K., Saka, J.D.K. & Mhango, J. 2006. Harvesting and postharvest handling practices and characteristics of *Uapaca kirkiana* (Muell. Arg.) fruits: a survey of roadside markets in Malawi. *Agroforestry systems* 68, 133-142.

Kroon, H., Plaisier, A., van Groenendael, J. & Caswell, H. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology* 67, 1427–1431

Kroon, H., Groenendael, J.V. & Ehrlén J. 2000. Elasticities: a review of methods and model limitations. *Ecology* 81, 607-618.

Mithöfer, D. & Waibel, H. 2003. Income and labor productivity of collection and use of indigenous fruit tree products in Zimbabwe. *Agroforestry systems* 59, 295-305.

Neumann, R.P. & Hirsch, E. 2000. Commercialisation of non-timber forest products: review and analysis of research. Center for international forestry research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

Ngulube, M.R., Hall, J.B. & Maghembe, J.A. 1997. Fruit, seed and seedling variation in *Uapaca kirkiana* from natural populations in Malawi. *Forest Ecology and Management* 98: 209-219.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H. & Wagner, H. 2013. Vegan: Community ecology package. R package version 2.0-7. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Oliveira, M.E.B., Guerra, N.B., Barros, L.M. & Alves, L.E. 2008. Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 32 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 113).

Oliveira, W. L. 2009. Ecologia populacional e extrativismo de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb no Cerrado do Norte de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil. 82f.

Oostermeijer, J.G.B. 2003. Threats to rare plant persistence. In: Brigham CA, Schwartz MW (eds) Population Viability in Plants. Springer-Verlag, Berlin, pp 17-58.

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. 1996. Observation on the sustainable exploitation of non-timber tropical forest products. An ecologist's perspective. Pp. 19-39. In: Ruiz-Perez, M. & Arnold, J.E.M. (eds.). Current issues in non-timber forest products research. Bogor, CIFOR.

Portela, R.C.Q., Bruna, E.M., Santos, F.A.M. 2010. Are protected areas really protecting populations? A test with an Atlantic rain forest palm. *Tropical conservation Science* 3, 361-372.

Prance, G.T., Medeiros, H. & Amorim, A.M.A. Caryocaraceae. in: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 22 Jan. 2014.

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Rist, L., Kaiser-Bunbury, C.N., Fleischer-Dogley, F., Edwards, P., Bunbury, N. & Ghazoul, J. 2010. Sustainable harvesting of coco de mer, *Lodoicea maldivica*, in the Vallée de Mai, Seychelles. *Forest Ecology and Management* 260, 2224-2231.

Santos, G.C. 2012. Impacto do extrativismo sobre as plântulas e os indivíduos jovens de *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) e remoção natural dos diásporos na Floresta Nacional do Araripe – Ceará, Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. 60f.

Schimidt, I.B., Mandle, L., Ticktin, T. & Gaoue, O.G. 2011. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest products harvest? *Journal of applied ecology* 48, 815-826.

Schwartz, M.W. & Caro, T.M. Banda-Sakala, T., 2002. Assessing the sustainability of harvest of *Pterocarpus angolensis* in Rukwa Region, Tanzania. *Forest ecology and management* 170, 259-269.

- Shankar, Murali, K.S., Uma Shaanker, R., Ganeshiah, K.N. & Bawa, K.S. 1996. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan hills, India. 3.Productivity, extraction and prospects of sustainable harvest of amla *Phyllanthus emblica*,(Euphorbiaceae). Economic botany 50, 270-279.
- Silvertown, J. 2004. Sustainability in a nutshell. Trends in ecology & evolution 19, 276-278.
- Sinha, A. & Bawa, K.S. 2002. Harvesting techniques, hemiparasites and fruit production in two non-timber forest tree species in south india. Forest Ecology and Management 168: 289-300.
- Soldati, G.T. & Albuquerque, U.P. 2008. Non-Timber Forest Products: an overview. Functional Ecosystems and Communities 2: 21-31.
- Soldati, G.T. & Albuquerque, U.P. 2012. A New Application for the Optimal Foraging Theory: The Extraction of Medicinal Plants. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2012, 1-10.
- Sousa Júnior, J.R., Albuquerque, U.P. & Peroni, N. 2013. Traditional Knowledge and Management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. Economic Botany. DOI: 10.1007/s12231-013-9241-8.
- Stanley, D., Voeks, R. & Short, L. 2012. Is Non-Timber Forest Product Harvest Sustainable in the Less Developed World? A Systematic Review of the Recent Economic and Ecological Literature. Ethnobiology and conservation 1, 9-48.
- Stott, I., Townley, S. & Hodgson, D. 2011. A framework for studying transient dynamics of population projection matrix models. Ecology letters 14, 959-970.

- Stott, I., Hodgson, D. & Townley, S. 2012. Popdemo: provides tools for demographic modelling using projection matrices. R package version 0.1-2. www.CRAN.R-project.org/package=popdemo.
- Stubben, C. & Milligan, B. 2007. Estimating and analyzing demographic models using the popbio package in R. *Journal of statistical software* 22.
- Sutherland, S. & Delph, L.F. 1984. On the importance of male fitness in plants: patterns of fruit set. *Ecology* 65, 1093-1104.
- Ticktin, T., 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of applied ecology* 41, 11-21.
- Ticktin, T., Ganesan, R., Paramesha, M. & Setty, S. 2012. Disentangling the effects of multiple anthropogenic drivers on the decline of two tropical dry forest trees. *Journal of Applied Ecology* 49, 774-784.
- Tuljapurkar, S., Horvitz, C.C. & Pascarella, J.B. 2003. The many growth rates and elasticities of populations in random environments. *American Naturalist* 162, 489–502.
- Zardo, R.N. & Henriques, R.P.B. 2011 Growth and fruit production of tree *Caryocar brasiliense* in Cerrado of central Brazil. *Agroforestry systems* 82, 15-23.
- Zardo, R. N. 2008. Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (*Caryocar brasiliense*) no Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado Universidade de Brasília – Pós-Graduação em Ecologia. 62p.

Lista de tabelas

Tabela 1 - Taxas vitais registradas para os diferentes estádios ontogenéticos (P - plântula; J - jovem; I - imaturo; e A - adulto) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm., submetidas ao extrativismo de frutos, observados entre os anos de 2007-2008, 2011-2012 e 2012-2013 em três fisionomias da Floresta Nacional do Araripe - CE.

	Cerrado				Cerradão				FUSp			
	P	J	I	A	P	J	I	A	P	J	I	A
	2007-2008											
Taxa de Sobrevivência	0,5	1	0,82	0,9	0	0,33	0,87	0,98	-	-	-	-
Taxa de Passagem	0,5	0	0,18	-	0	0,33	0,13	-	-	-	-	-
Taxa de Mortalidade	0	0	0	0,1	1	0,33	0	0,02	-	-	-	-
Nascimentos			8				0					-
	2011-2012											
Taxa de Sobrevivência	0,09	0,45	1	1	1	1	1	0,97	0	0	0	0
Taxa de Passagem	0,81	0,54	0	-	0	0	0	-	0	1	0	-
Taxa de Mortalidade	0,09	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0
Nascimentos			0				1				0	
	2012-2013											
Taxa de Sobrevivência	1	0,64	0,97	1	0	1	0,91	0,93	0	0	1	1
Taxa de Passagem	0	0,14	0,03	-	1	0	0	-	0	0	0	-
Taxa de Mortalidade	0	0,21	0	0	0	0	0,09	0,07	0	0	0	0
Nascimentos			1				0				0	

Tabela 2 – Matrizes de transição empíricas, taxas de crescimento instantânea (λ) e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (95%IC) obtidas a partir dos parâmetros populacionais observados entre os anos de 2007-2008, 2011-2012 e 2012-2013 em populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará.

	Geral 2007-08 ($\lambda=0,934$; 95%IC: 0,885-1)				Geral 2011-12 ($\lambda=1,008$; 95%IC: 0,968-1,050)				Geral 2012-13 ($\lambda=0,969$; 95%IC: 0,913-1,082)			
	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto
Plântula	0,182	0	0	0,090	0,097	0	0	0,292	0,067	0	0	0,120
Jovem	0,182	0,813	0	0	0,323	0,438	0	0	0,333	0,625	0	0
Imaturo	0	0,063	0,771	0	0	0,438	0,900	0	0	0,125	0,911	0
Adulto	0	0	0,214	0,920	0	0	0,050	0,972	0	0	0,044	0,957
	Cerrado 2007-08 ($\lambda=0,942$; 95%IC: 0,874-1,221)				Cerrado 2011-12 ($\lambda=1,01$; 95%IC: 0,958-1,059)				Cerrado 2012-13 ($\lambda=0,984$; 95%IC: 0,933-1,012)			
	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto
Plântula	0,316	0	0	0,094	0,105	0	0	0,180	0,105	0	0	0,078
Jovem	0,316	0,857	0	0	0,474	0,417	0	0	0,474	0,643	0	0
Imaturo	0	0,071	0,723	0	0	0,500	0,917	0	0	0,143	0,933	0
Adulto	0	0	0,255	0,897	0	0	0,042	0,974	0	0	0,033	0,973
	Cerradão 2007-08 ($\lambda=0,990$; 95%IC: 0,932-1,018)				Cerradão 2011-12 ($\lambda=0,988$; 95%IC: 0,896-1,031)				Cerradão 2012-13 ($\lambda=0,942$; 95%IC: 0,833-1,118)			
	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto	Plântula	Jovem	Imaturo	Adulto
Plântula	0,231	0	0	0,098	0,154	0,000	0	0,484	0,083	0	0	0,194
Jovem	0,231	0,333	0	0	0,077	0,222	0	0	0,083	0,250	0	0
Imaturo	0	0,333	0,833	0	0	0,667	0,875	0	0	0,500	0,857	0
Adulto	0	0	0,125	0,978	0	0	0,063	0,967	0	0	0,071	0,931

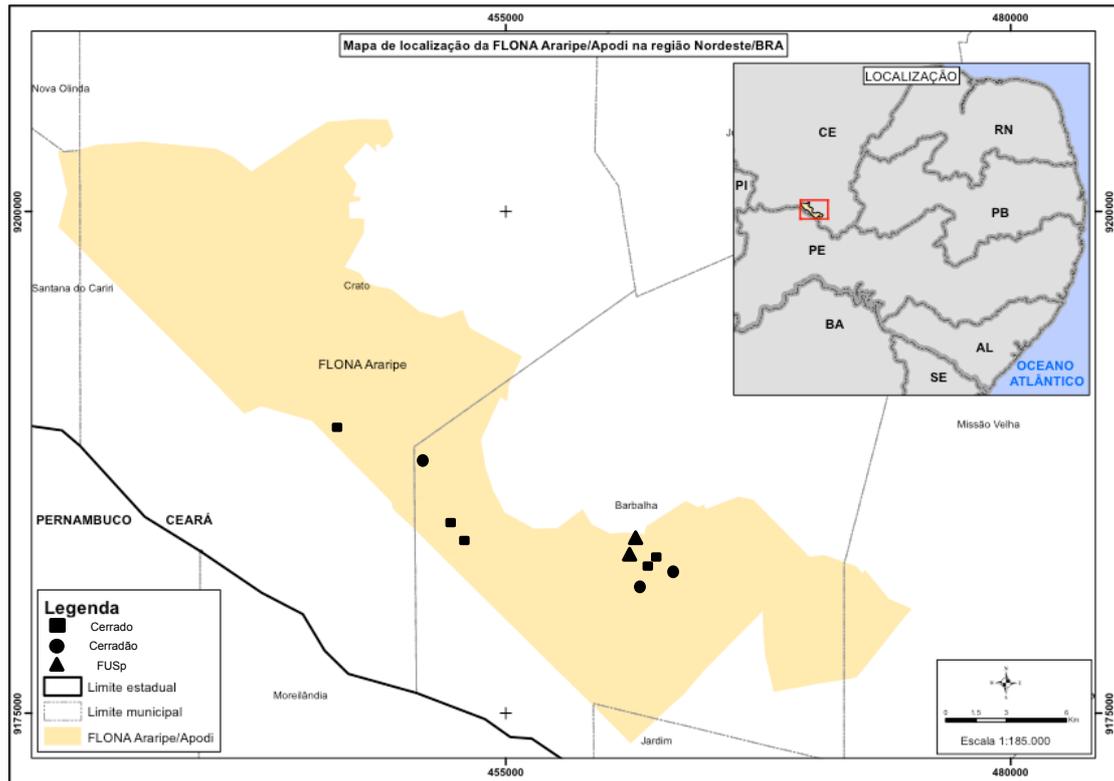


Figura 3 – Localização dos pontos de amostragem de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. em três fisionomias da Floresta nacional do Araripe, Ceará.

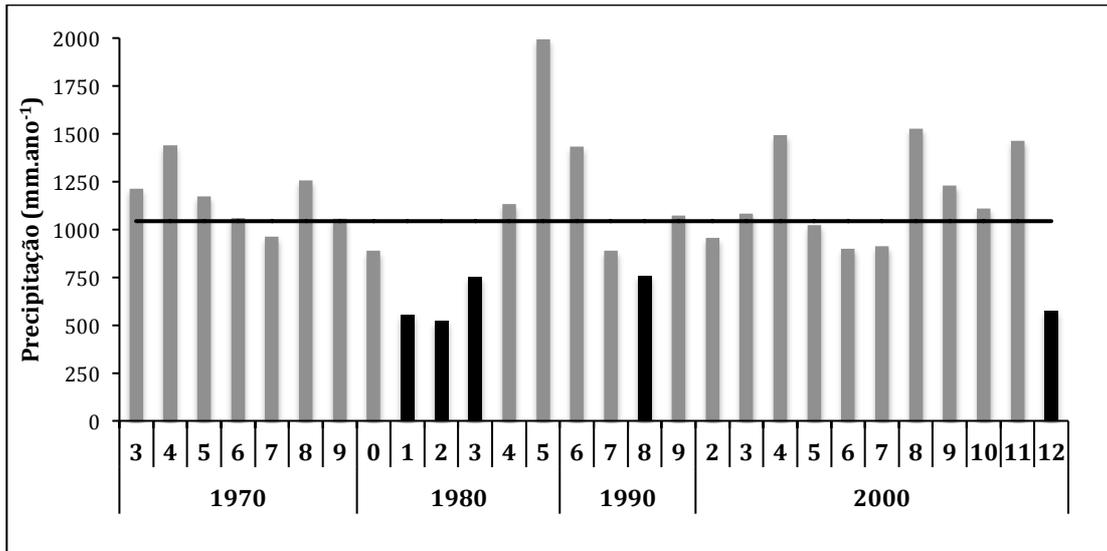


Figura 4 –Série histórica da precipitação anual (barras claras indicam anos normais. As barras escuras indicam eventos de secas severas) e média anual histórica (linha negra) registradas pela estação automática de Barbalha, Ceará. Fonte: INMET 2013.

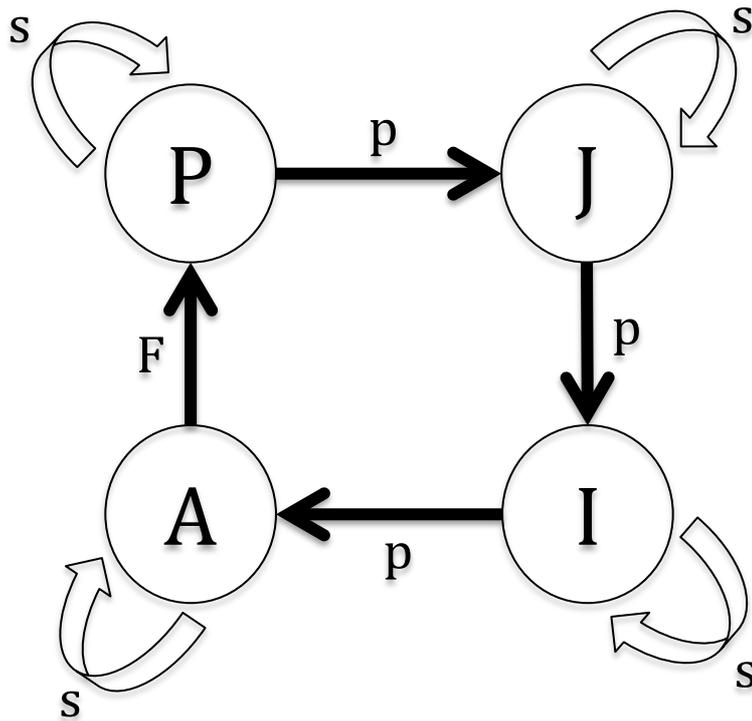
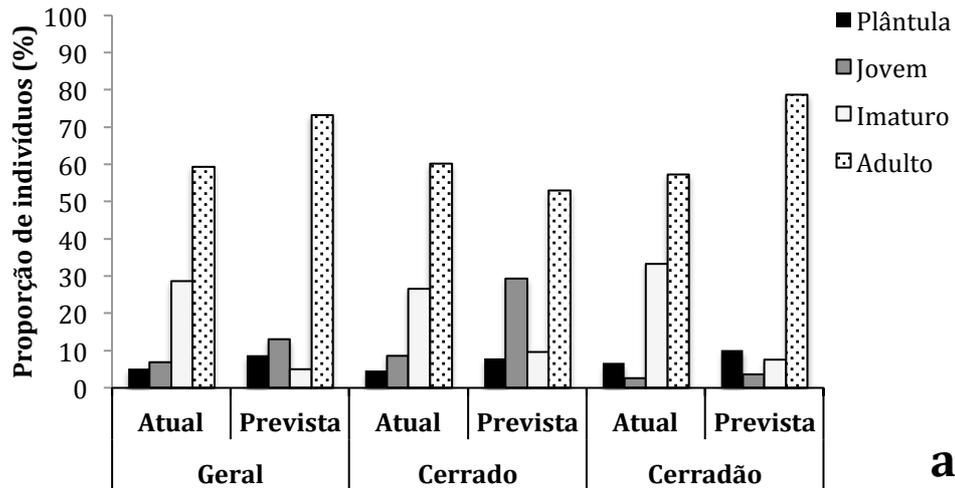
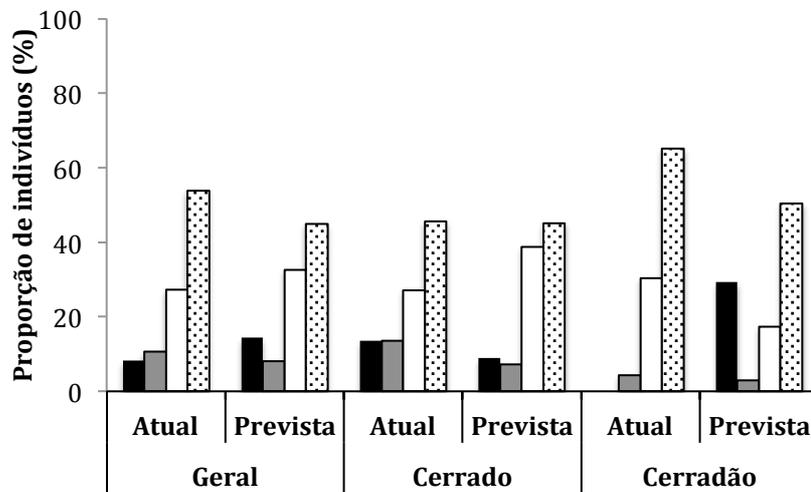


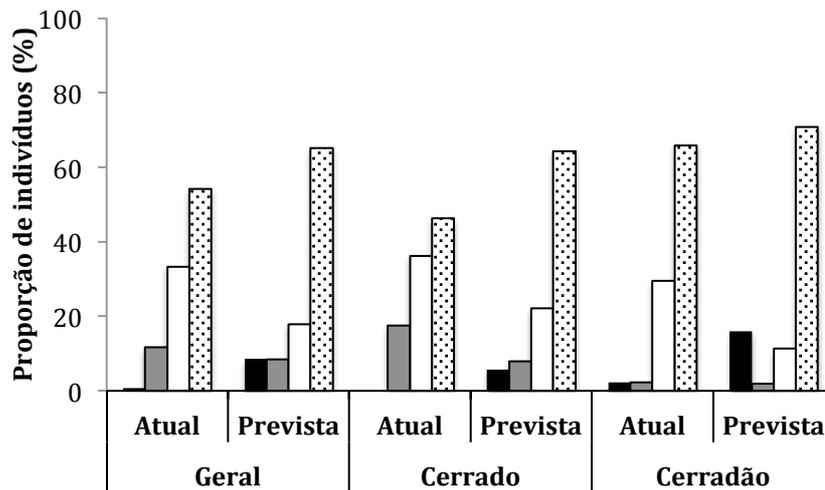
Figura 5 – Representação esquemática do modelo de estádios de vida de *Caryocar coriaceum* Wittm. P=plântula; J=jovem; I=imaturo; A=adulto; S=sobrevivência com permanência no mesmo estágio; p=sobrevivência com passagem de estágio; e F=Fecundidade.



a



b



c

Figura 6- Distribuição proporcional entre estádios ontogenéticos atual e prevista pelas projeções populacionais de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta Nacional do Araripe, Ceará. Os dados estão agrupados como uma só população (geral) e em duas fisionomias florestais (cerrado e cerradão). (a) – transição 2007-2008; (b) – 2011-2012; e (c) – 2012-2013.

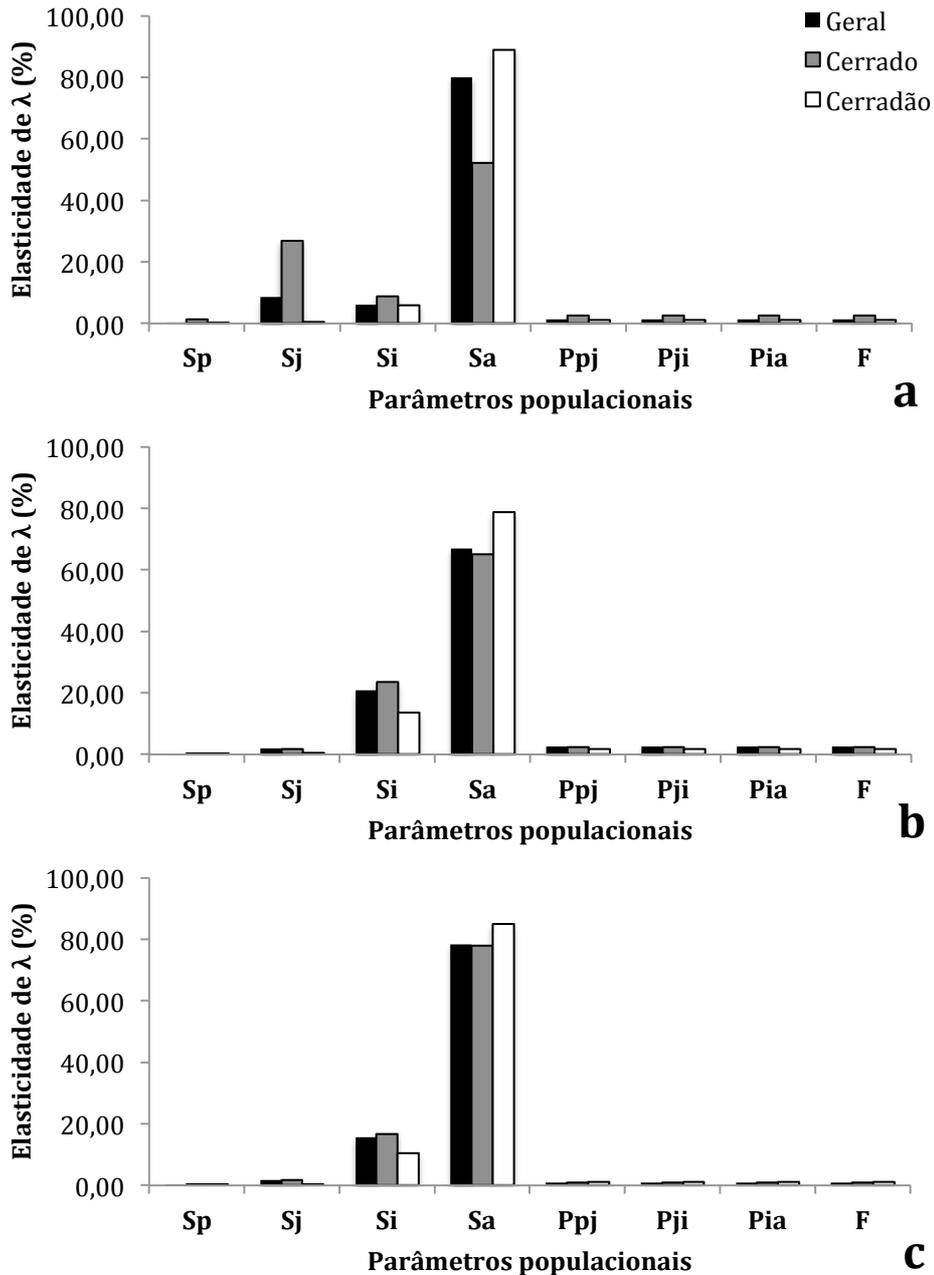


Figura 7- Elasticidade da taxa de crescimento instantânea (λ) a variações nos parâmetros demográficos de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta Nacional do Araripe, Ceará. Os dados estão agrupados como uma só população (geral) e em duas fisionomias florestais (cerrado e cerradão). (a) – transição 2007-2008; (b) – 2011-2012; e (c) – 2012-2013. Sp – sobrevivência de plântula; Sj – sobrevivência de jovem; Si – sobrevivência de imaturo; Sa – sobrevivência de adulto; Pp – passagem de estágio plântula/jovem; Pji – passagem de estágio jovem/imaturo; Pia – passagem de estágio imaturo/adulto; e F – fecundidade.

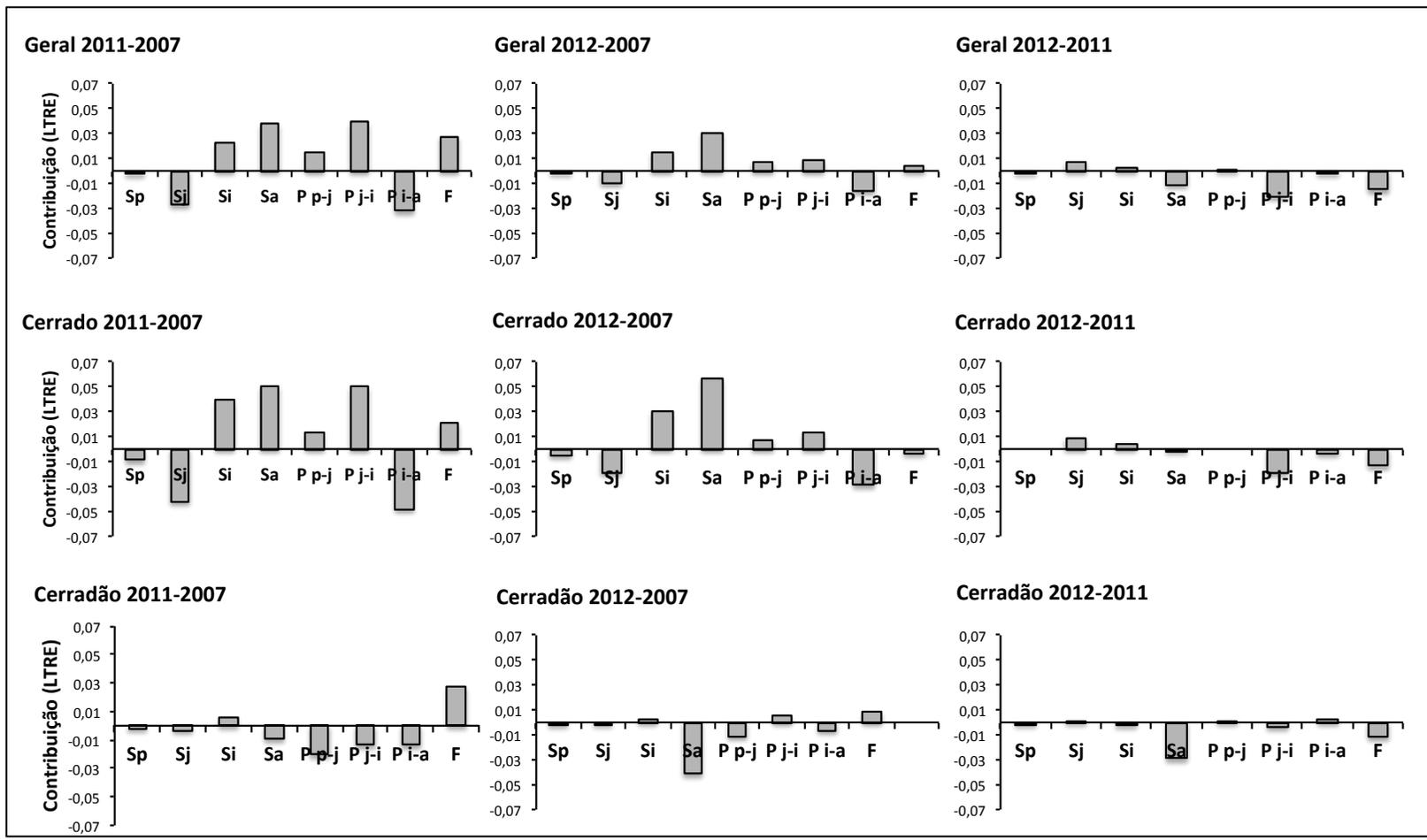


Figura 8 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas no período listado primeiro em cada comparação.

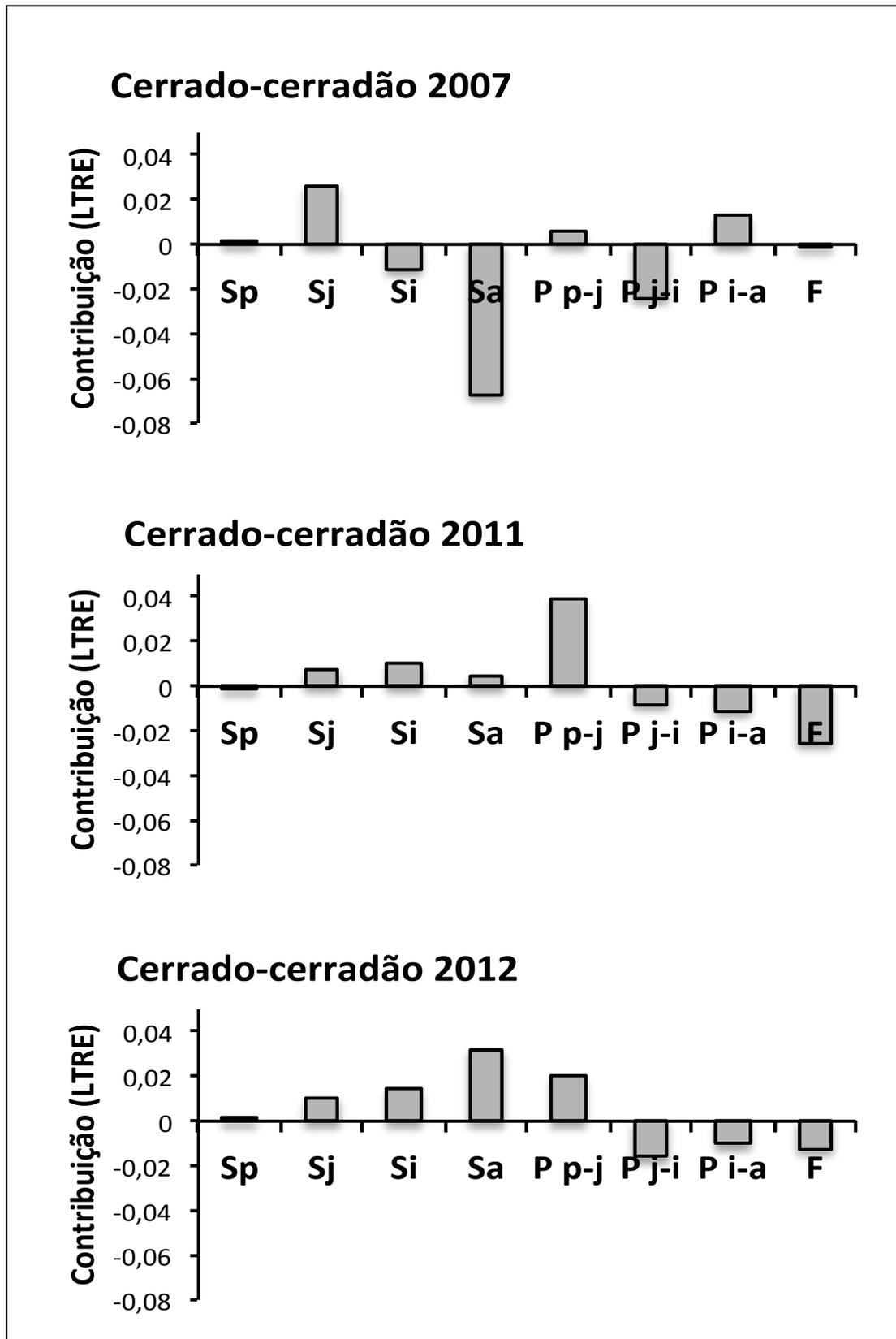


Figura 9 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas na fisionomia listada primeiro em cada comparação.

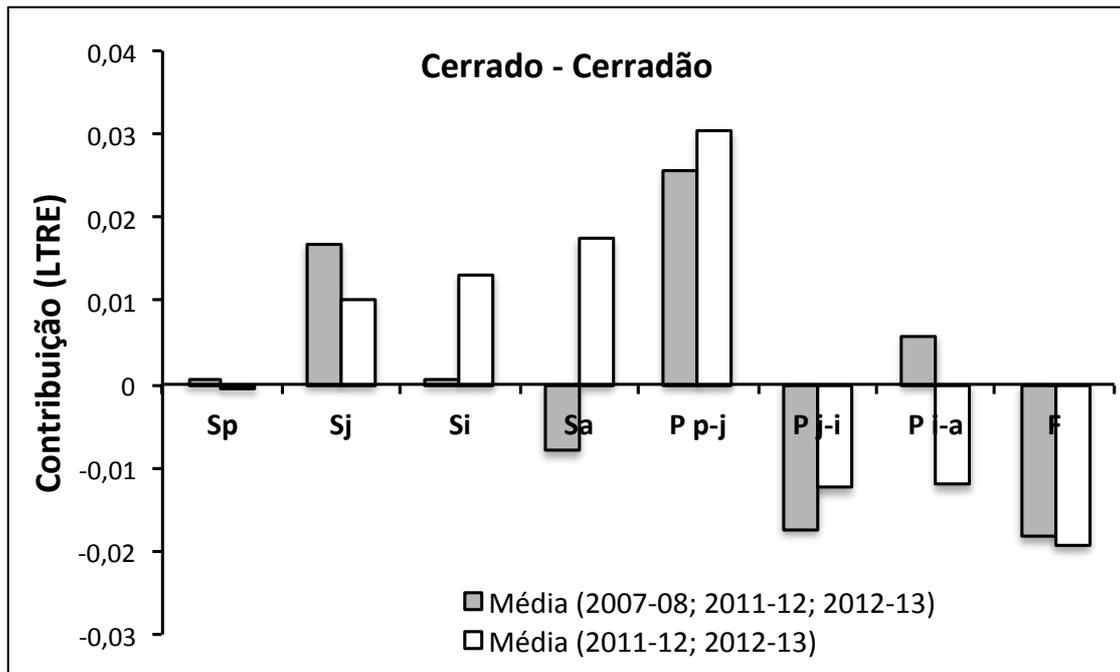


Figura 10 – Experimentos de resposta a tabelas de vida para *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas médias para as fisionomias e períodos indicados. Valores positivos representam contribuições para altas taxas de crescimento (λ) observadas na fisionomia listada primeiro em cada comparação.

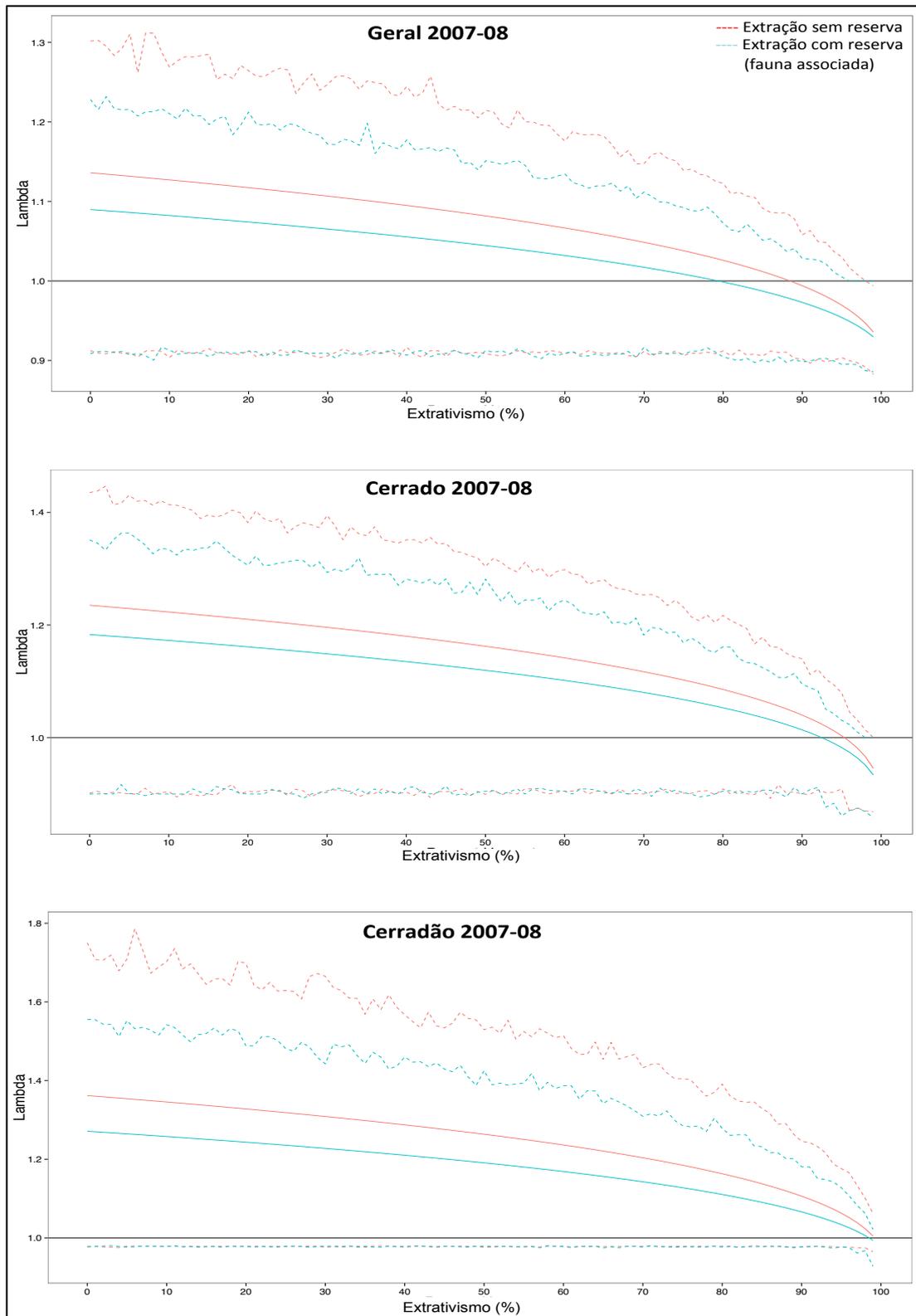


Figura 11- Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

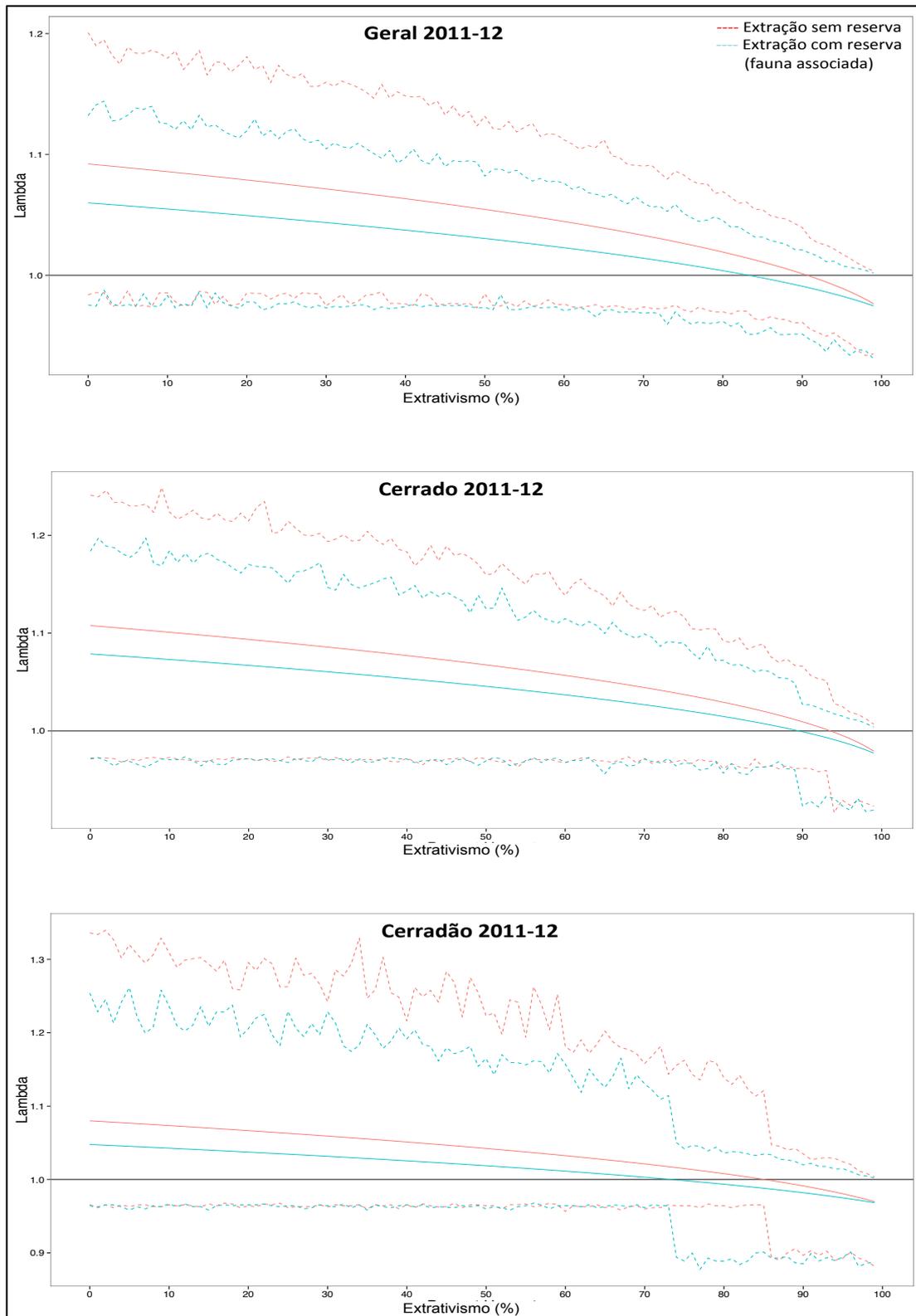


Figura 12- Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2011-2012) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

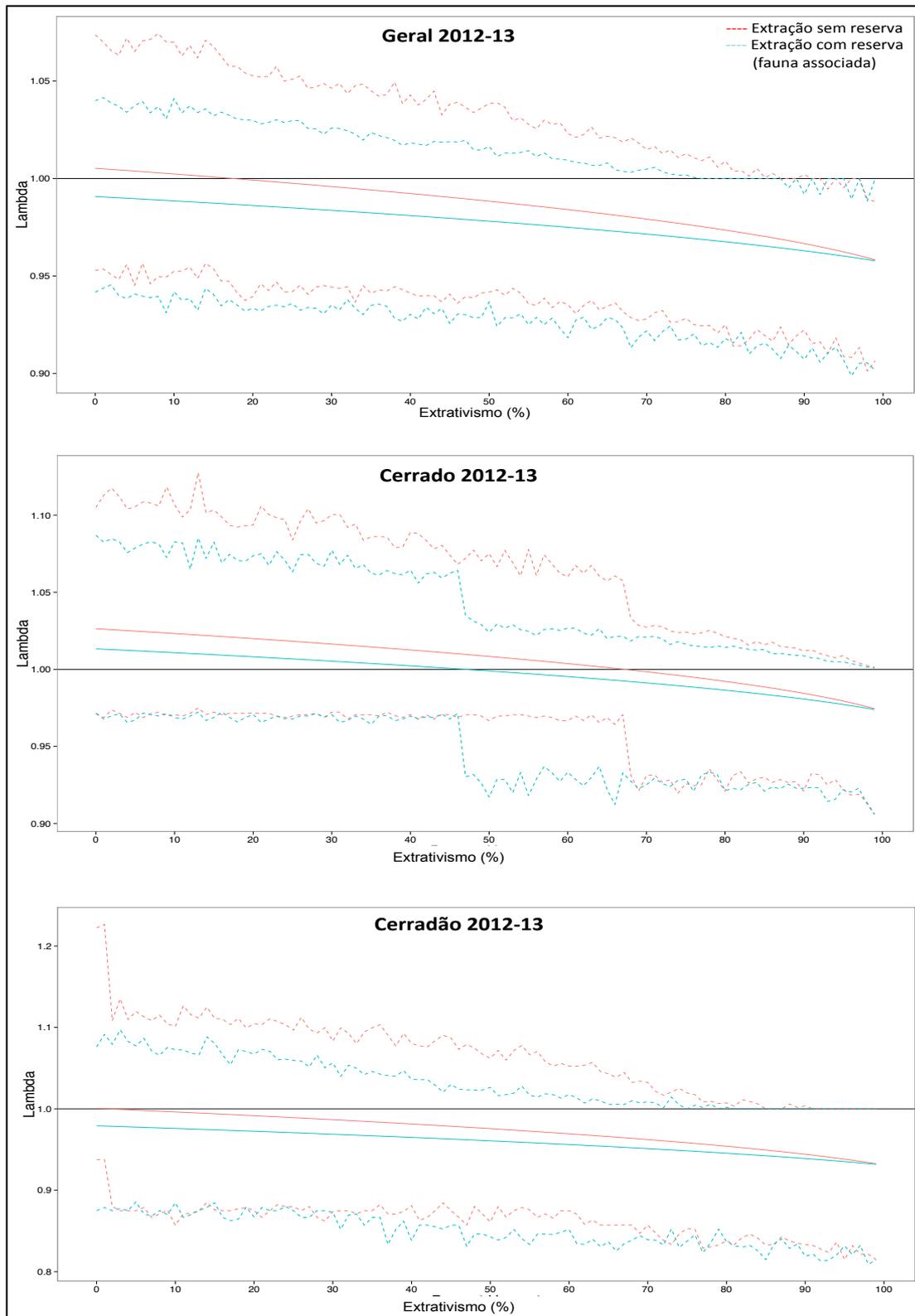


Figura 13 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

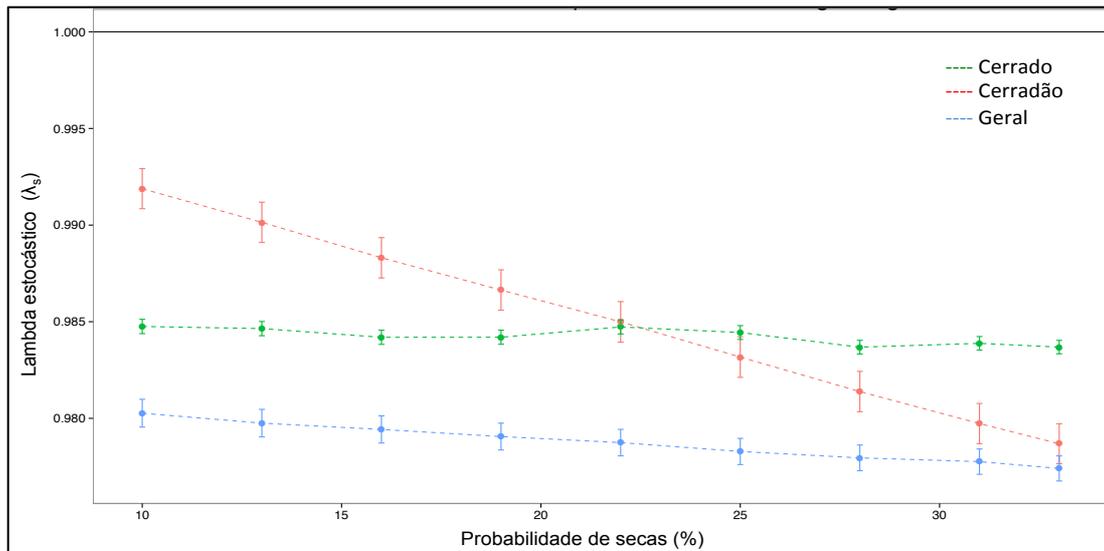


Figura 14- Efeitos do aumento na probabilidade de eventos climáticos severos sobre a taxa de crescimento populacional (λ_s) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008; 2011-2012; e 2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional em cada transição. A matriz da transição 2012-2013 foi usada como referência de ano seco, sendo aumentada sua probabilidade de ser usada na obtenção do lambda estocástico. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

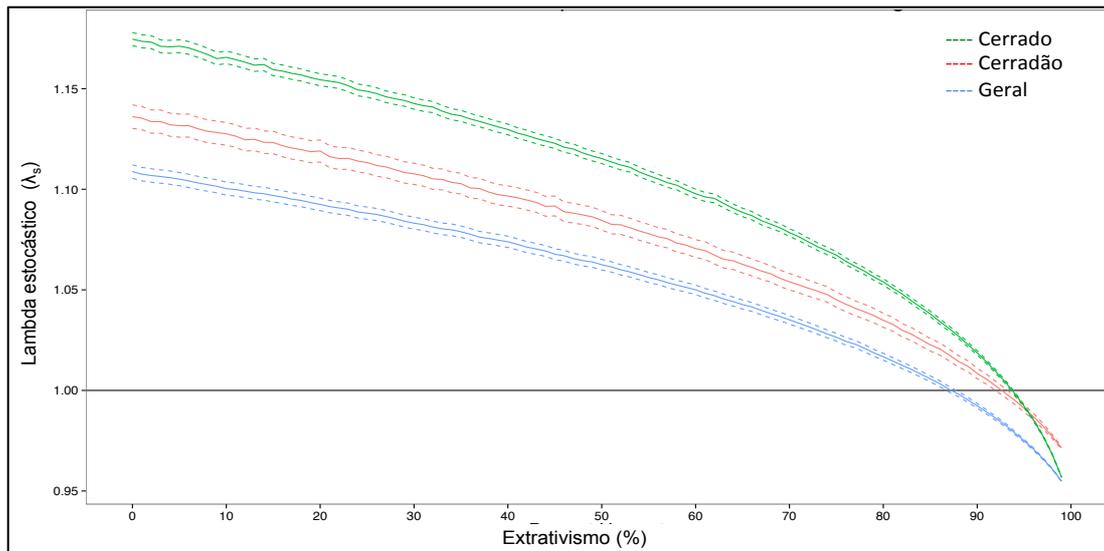


Figura 15 - Efeitos do aumento na taxa de extração de frutos sobre a taxa de crescimento populacional (λ_s) de populações de *Caryocar coriaceum* Wittm. na Floresta nacional do Araripe, Ceará. Análise baseada nas matrizes empíricas de três transições (2007-2008; 2011-2012; e 2012-2013) nas fisionomias cerrado, cerradão e do conjunto populacional em cada transição. A matriz da transição 2012-2013 foi usada como referência de ano seco, sendo amostrada a probabilidade de 18% na obtenção do lambda estocástico. Linhas mais claras acima e abaixo representam 95% dos intervalos de confiança.

Conclusões gerais e recomendações para o manejo de *Caryocar coriaceum* na Floresta Nacional do Araripe

A coleta de frutos de plantas lenhosas é mais uma das estratégias que fazem parte do cotidiano de muitas populações humanas. É inegável que esse ativo ambiental, enrustado na cultura local, gera desenvolvimento econômico para as pessoas envolvidas. No entanto, caso não sejam observados os princípios fundamentais de regulação populacionais e de oferta de recursos a partir de fontes nativas, todos os elementos ligados à espécie alvo da coleta de frutos sofrerão as consequências. No caso específico do pequi, há ainda muitas informações a serem levantadas.

De fato, é perigoso acreditar em predições de menor impacto da extração de frutos sob os pontos de vista individual e populacional. Dependendo da escala, tanto espacial quanto epistemológica, em que se investigam as questões, pode-se chegar a diferentes conclusões. Portanto, é difícil confirmar um padrão no sentido em que a literatura indica. Há que se verificar caso a caso, estudando as especificidades de cada exemplo. No caso específico da extração de frutos de espécies lenhosas para a alimentação humana, o padrão é confirmado. Ameaças como queimadas e o corte raso da vegetação para avanço de fronteiras agropastoris, são muito mais eficientes em expor espécies como *C. coriaceum*, por exemplo, e comunidades bióticas inteiras ao risco de extinção.

Este estudo contribuiu para ampliar o conhecimento sobre a ecologia populacional de *C. coriaceum* no âmbito de uma unidade de conservação chave para a sua manutenção. Apesar de não haver áreas controle, a simulação proporcionou, também, avaliar o impacto do extrativismo de frutos até em condições ambientais

extremas provocadas pela seca. Mas, ainda serão necessários outros estudos, com maior universo amostral e período de monitoramento, para que o impacto do extrativismo de frutos na persistência das populações a longo prazo seja verificado com maior precisão. Essa questão amostral, especialmente relacionado com o número de indivíduos monitorados, é o principal ponto que limita o alcance das conclusões sobre o estudo. A grande variação nos intervalos de confiança obtidos na projeção matricial, oriundos de certa carência de possibilidades de interpolação dos dados, pode ter provocado esse efeito. Como consequência, a perspectiva que parecia alarmante, quando analisadas as estruturas populacionais, se enfraqueceu no momento em que se depara com a maioria dos valores positivos projetados para a taxa de crescimento populacional.

O manejo do extrativismo dos frutos do pequi, baseado na coleta dos que estão caídos no chão, coloca a atividade no grupo das que pouco, ou quase nada, interfeririam em sua ecologia populacional. Além disso, a intensidade com que as populações estão submetidas não se constitui em problema. Apesar disso, os dados explicitam uma alta taxa de coleta de frutos de forma que a fauna associada à espécie não tem sido contemplada nas estratégias locais de coleta. A consequência disso já tem se expressado pelo baixo número de novos indivíduos nas populações monitoradas. Mas, isso pode também ser reflexo do que naturalmente acontece com a espécie, a qual aparenta receber novos indivíduos muito lentamente.

Grande parte dos putâmens coletados fica na região, pois são usados na produção do óleo do pequi. Para o buriti (*Mauritia flexuosa*), palmeira do Brasil Central, o simples retorno das sementes à floresta seria suficiente para que a regeneração das populações se processasse naturalmente. No caso do pequi, a produção do óleo cozinha as sementes e mata o embrião. Assim, as ações que se

proponham a enriquecer fitofisionomias adequadas ao seu desenvolvimento deverão ser mais custosas e baseadas tanto no plantio de mudas quanto no respeito de cotas de frutos que devem ser deixados no solo, atendendo às taxas naturais de remoção pelos dispersores locais da espécie. Além disso, devem considerar os padrões de dispersão das populações na implantação das mudas.

Como os períodos de seca afetam a atividade extrativa, tornando-a inviável do ponto de vista econômico, a suspensão da coleta dos poucos frutos produzidos nestas safras poderá oportunizar pulsos regenerativos do pequi na estação chuvosa seguinte. Como recomendação, sugerimos o desenvolvimento de estudos visando a caracterização dos predadores e dispersores dos frutos do pequi na região da FLONA para ajustar a parcela que deverá ficar sob a copa das árvores sem serem coletados.

De acordo com a situação atual do pequi na FLONA, as projeções mostraram que a estabilidade populacional do pequi está mantida. Apesar disso, um conjunto de fatores como o extrativismo, falhas nos processos de dispersão e o processo lento de germinação da espécie leva-nos a pensar que a espécie pode estar sendo negativamente afetada. Mas, baseados nos dados atuais, esta situação ainda não pode ser detectada. Com base nas projeções modeladas a proporção esperada de plântulas não precisa ser tão expressiva. Por conta dessa última informação, pode-se depreender que a espécie não sofre sérios problemas com relação à reposição de elementos nas populações. Assim, poucos anos de esforços voltados à execução de um plano de manejo específico podem ser suficientes para recuperar uma tendência positiva para o pequi na FLONA.

ANEXOS

Normas para publicação no periódico Economic Botany



SOCIETY FOR ECONOMIC BOTANY since 1959

Fostering research and education on the past, present, and future uses of plants by people.

[About](#) | [Organization](#) | [Membership](#) | [News](#) | [Publications](#) | [Donate](#) | [Sign-In](#) | [Site Map](#)

[Search](#) | [Economic Botany](#) | [Online Newsletter](#) | [Index](#) | [Book Reviews](#) | [Newsletter Archive](#)

February 6, 2014

Introduction to Economic Botany [e-Member Journal Access]

[Journal-cover Index \(back issues\)](#) | [Create Membership](#) | [Search the chronological index](#) | [Submit a manuscript](#)

About the Journal ECONOMIC BOTANY

Economic Botany is a quarterly, peer-reviewed journal of the Society for Economic Botany which publishes original research articles and notes on a wide range of topics dealing with the utilization of plants by people, plus special reports, letters and book reviews. Economic Botany specializes in scientific articles on the botany, history, and evolution of useful plants and their modes of use. Papers including particularly complex technical issues should be addressed to the general reader who probably will not understand the details of some contemporary techniques. Clear language is absolutely essential.

Limitations: Primarily agronomic, anatomical or horticultural papers and those concerned mainly with analytical data on the chemical constituents of plants should be submitted elsewhere. Papers addressing issues of molecular or phylogenetic systematics are acceptable if they test hypotheses which are associated with useful plant characteristics. These studies are also appropriate if they can reveal something of the historical interaction of human beings and plants. Papers devoted primarily to testing existing taxonomies even of plants with significant human use are generally not appropriate for Economic Botany.

Likewise, papers which are essentially lists of plants utilized somewhere in the world are ordinarily not accepted for publication. They may be publishable if this is the first description of their use in a particular culture or region, but this uniqueness must be specified and characterized in the paper. Even in such a special case, however, such a descriptive paper will require an analysis of the context of use of plants. How is plant use similar to or different from that of other cultures? Why is a particular species or group of species used? Is there a difference in use patterns between native and introduced species? Etc. Note that it is not a sufficient analysis to say that botanical knowledge is being lost. And it is not necessary to explain to this audience that "plant use is important."

Categories of Manuscripts

Special Reports: Manuscripts submitted for publication under this category should be of broad interest to the Economic Botany community, and be written in plain, non-technical language. Authors wishing to contribute a "feature article" to our journal should contact the editor directly.

Research Articles: Manuscripts intended for publication in this category should address the cultural as well as the botanical aspects of plant utilization. Articles that deal in whole or part with the social, ecological, geographical or historical aspects of plant usage are preferable to ones that simply list species identifications and economic uses. Papers dealing with the theoretical aspects of ethnobotany and/or the evolution and domestication of crop plants are also welcome. We most strongly support articles which state clear hypotheses, test them rigorously, then report and evaluate the significance of the results. Although in the past it is true that more descriptive papers were dominant in the journal, this is no longer the case. Simply describing the use of some plant(s) usage by some people somewhere will ordinarily not be acceptable for Economic Botany any more. Research articles should not exceed 20 manuscript pages (or 5000-6000 total words), including text (double-spaced and in 12 point font), figures, and tables. There is a strong preference for shorter over longer papers. The format and style of the submitted manuscript should generally conform to the papers published in the most recent issues of Economic Botany. A style guide is available, but its detail is only necessary for papers in final revisions before publication.

Review Articles. In the past, Review Articles about broad and important topics have been a staple of Economic Botany. Review articles have addressed the domestication of corn, coconuts in the new world, pollen as food and medicine, and many other topics. We believe there is a place for significant reviews in Economic Botany, but with modest frequency. We do not anticipate more than 2 or 3 reviews per year. Authors interested in writing a review can contact the editor in advance to see if the topic is deemed appropriate.

What we are looking for are reviews that are highly synthetic and draw on current and foundational literature to address points that are novel and interesting. Our general standard is to publish reviews that would be of sufficient quality to appear in one of the Annual Review journals, such as Annual Review of Anthropology or Annual Review of Ecology and Systematics. Since there is not an Annual Review of Economic Botany, we seek to fill this niche. Reviews that do not meet these criteria and are more of a summation of existing literature will not be published.

Notes on Economic Plants: This section of the journal is intended for the publication of short papers that deal with a variety of technical topics, including the anatomy, archaeology, biochemistry, conservation, ethnobotany, genetics, molecular biology, physiology or systematics of useful plants. A manuscript should concern one species or a small group of species related by taxonomy or by use. Illustrations, if any, should be designed to occupy no more than one printed journal page. Papers intended for publication as a Note on Economic Plants should not exceed 8 to 10 double-spaced manuscript pages, including tables and figures. Contributions should be modeled after recently published notes in Economic Botany. The format of Notes has recently changed so use as a model only Notes from volumes 62 and after.

Book Reviews: Those wishing to contribute to this category should contact our book review editor, **Daniel F. Austin**. Instructions for contributors and a list of books needing reviewers is available on the SEB web site.

Letters: Comments concerning material published in Economic Botany or statements regarding issues of general interest should be submitted directly to **Robert Voeks**, Editor in Chief.

Form of Manuscripts

Some matters of style: The journal has a very broad readership, from many countries, and many specialties, from students to the most senior scholars. This is part of the reason that clear and transparent writing is considered very important. Acronyms are discouraged; if they are standard in a particular specialty field, and if there are more than a few of them, authors should include a glossary of them in a small sidebar. The Abstract in Research Papers is, in many ways, the most

important part of the paper. It will probably have many more readers than any of the rest of the article. It should summarize the entire argument, and it should have one or two eminently quotable sentences which other scholars may use to summarize economically, in the authors' own words, the fundamental findings of the research reported. In "Notes," which don't have abstracts per se, the first sentence, or the first paragraph, should serve in place of an abstract, and should have the same kind of quotable sentence or two which will allow subsequent scholars to use the authors' own words to state their own case. Papers which do not have such quotable sentences will require revision. In general, the Abstract, or the first paragraph of a note, is the hardest part to write. Write it with great care and attention. In addition, beginning with the first issue of 2010 (64-1), authors of Research articles whose work is carried out in a non-English speaking country are strongly encouraged to include a second Abstract in the principal language in which the research was carried out. Because the editors do not have the resources to review the accuracy of the second Abstract, this will be the responsibility of the author(s).

It is often the case that authors use more references than is needed. On occasion, the Literature Cited section of papers is longer than the paper itself. Although there are cases where this may be appropriate (papers dealing with the history of the taxonomy of some plant or group of plants, for example) ordinarily excessive citation should be avoided. The function of references is to facilitate the reader's understanding of the key elements of the paper by allowing them to follow up on important or unusual methods, studies or findings which are central to the current paper's arguments. One need not cite any authorities for statements of common knowledge to the readership, like the location of Missouri, the color of the sky, or the function of chlorophyll. It is usually unnecessary to cite unpublished reports or dissertations which readers are unlikely to be able to obtain. Although not always necessary or desirable, it is often very efficient to organize an article with four classic parts, an Introduction which states the problem to be addressed, the Methods used to address the problem, the Results of applying those methods to the requisite data, and a series of Conclusions which reflect on the outcome of the study, assessing its importance and interest, and, perhaps, suggesting future avenues of research.

Generally, submissions to the journal are too long. They often ramble on for pages without getting to the key issues. When such papers are published as presented, they are wasteful of Society resources, and of the limited time that subscribers have to devote to reading the work of others. They also deny to other Society members access to the limited number of pages which can be published in a year. Shakespeare wrote "Brevity is the soul of wit," or in this case, of good science. Notice that the journal Nature restricts "articles" to 5 journal pages, approximately 3000 words, no more than 50 references, and 5 or 6 small figures or tables. "Letters to Nature" which comprise the bulk of the journal are limited to 4 pages, approximately 2000 words, a maximum of 30 references, and 2 or 3 small figures or tables. We need not be quite that strict, but a shorter paper will always be preferred to a longer one of similar quality.

Style guide: For most matters of style, see a current issue of the journal. Manuscripts are different from published papers, of course, and should have the following characteristics.

Papers should be double spaced everywhere. Use a common font (Times Roman is good), set at 12 points in size. Number the pages in the upper right hand corner. Number the lines in the manuscript consecutively (in Word, click on File| PageSetup| Layout| LineNumbers| AddLineNumbering| Continuous| OK). Put all Figure Captions together on the last page of the manuscript. On the first page, include a "short title" of the form "Smith and Jones: Athabaskan Ethnobotany" with a maximum of 50 characters; also indicate on the total number of words in the manuscript.

Carefully indicate up to 3 levels of headings and subheadings. The easiest way to guarantee that your headings will be recognized correctly is to mark them <H1>, <H2> or <H3>, like this:

<H1>Methods

Do not justify the right margin. Do not submit the paper in two columns.

Figures can be included in the manuscript in small, or low resolution, formats for review. When a paper is accepted, high resolution images must be provided; photographs must be at least 300 pixels per inch (ppi) at the size they are to be reproduced, while line drawings (maps, charts) must be at least 600 ppi, and preferably 900. High quality color photographs for the cover are always welcome.

If you include any equations more complicated than $x = a + b$, please use the Equation Editor. Put each equation on a separate line.

Submissions: All papers are submitted for consideration through Springer's online system Editorial Manager. If you have any difficulties with the system, please feel free to contact the Editor-in-Chief, Robert Voeks, by e-mail for assistance at editor@econbot.org.

General Matters: Publication in the journal is open to current members of the Society. If you are not currently a member, you will be asked to join before your paper is sent out for review. If a paper has two or more authors, the author submitting the manuscript for review is expected to hold a current SEB membership. Membership forms are available online (http://www.econbot.org/_membership_/index.php?sm=02). Authors not fluent in English should have their paper thoroughly edited by a native speaker of English who is familiar with the scientific issues addressed in the paper.

Peer Review: All articles published in Economic Botany receive peer review. Most Research Articles are ordinarily assigned to an Associate Editor who obtains two reviews of the paper (perhaps writing one him- or herself). The Editor in Chief (EC) sometime solicits additional reviews by specialists he knows to be concerned about the subject of a submission. Some papers may receive 3 or 4 reviews. Notes are usually reviewed by the EC and one other reviewer, although occasionally they receive more reviews. The EC uses these reviews to guide his decision about the article - to accept as is, to accept with minor revision, to accept with major revision and subsequent review, or to reject the paper. Some papers are rejected without review following a close reading by the EC when he decides they are outside the scope of the journal's subject matter, or if they are simply unacceptable for other reasons.

The journal receives many more articles than it can publish. It is currently receiving over 200 manuscripts per year, of which it can only publish about 40 articles. Given this, it is of the very highest priority of the EC and the Associate Editors to make editorial decisions as quickly as possible so rejected articles can be submitted elsewhere; many rejected articles are perfectly acceptable pieces of work which are rejected only because they are not of the broadest level of interest, or because other similar pieces of work have been published in the recent past. It is our goal to publish the highest quality papers of the broadest general interest in the shortest time possible, and, in particular, when we must reject a paper, we attempt to do so as quickly as possible in the context of a careful and deliberate review.

The New York Botanical Garden Press
Library of Congress Catalog Card Number 50-31790 (ISSN 0013-0001)
 Printed By CADMUS Professional Communications, Lancaster, Pennsylvania

For permission to electronically scan individual articles of Economic Botany please visit the [editorial office](#) and contact the **Editor-in-Chief**.

Normas para publicação no periódico Forest Ecology and Management



FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

Science to Sustain the World's Forests

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

●	Description	p.1
●	Audience	p.2
●	Impact Factor	p.2
●	Abstracting and Indexing	p.2
●	Editorial Board	p.2
●	Guide for Authors	p.4



ISSN: 0378-1127

DESCRIPTION

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link **forest ecology** with **forest management**, and that apply biological and ecological knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all **forest ecosystems** of the world.

IMPACT FACTOR

2012: 2.766 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2013

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

[ypyw-gfa-banner.gif](#) your paper your way

INTRODUCTION

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world.

A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both.

Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agro-forestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category.

The editors encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites ([see the editorial](#)), Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023);
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript.

We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

Types of paper

1. Regular papers. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.
2. Review articles. Review articles are encouraged. The most useful reviews go beyond summarizing the literature and focus on synthesizing key insights that will be most useful to readers. Authors are encouraged to discuss potential review topics with one of the Journal's editors.
3. Papers for Special Issues. *Forest Ecology and Management* publishes several Special Issues each year to explore major topics in the field in depth. If your paper has been invited by a Guest Editor for a Special Issue, please identify the special issue in the "article type" entry in the submission process, and note the special issue name on the title page.

Contact details for submission

T.S. Fredericksen
Ferrum College, Life Science Division
80 Wiley Drive

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Full Online Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

All submissions must be accompanied by a **cover letter** detailing what you are submitting. Please indicate:

- The author to whom we should address our correspondence (in the event of multiple authors, a single 'Corresponding Author' must be named)
- A contact address, telephone/fax numbers and e-mail address
- Details of any previous or concurrent submissions. Please see our Authors' Rights section for more copyright information.
- It is also useful to provide the Editor-in-Chief with any information that will support your submission (e.g. original or confirmatory data, relevance, topicality).

Submit your article

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/foreco/>

Referees

Authors are required to identify four persons who are qualified to serve as reviewers. Authors are requested not to suggest reviewers with whom they have a personal or professional relationship, especially if that relationship would prevent the reviewer from having an unbiased opinion of the work of the authors. A working e-mail address for each reviewer is essential for rapid review in the event that reviewer is selected from those that are identified by the authors. You may also select reviewers you do not want to review your manuscript, but please state your reason for doing so.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced and has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

If you choose to use our Your Paper Your Way service, please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m², year rather than second. Use Mg ha⁻¹, not tonnes ha⁻¹, and use µg g⁻¹, not ppm (or for volume, µL L⁻¹ or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha⁻¹ year⁻¹, kg m⁻³. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (or N), not 300 kg N ha⁻¹.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>.