

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**ECOLOGIA, MANEJO E SUSTENTABILIDADE DA EXPLORAÇÃO
DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*) PELOS
ÍNDIOS KAYAPÓ, SUDESTE DA AMAZÔNIA**

MARIA BEATRIZ NOGUEIRA RIBEIRO

Manaus, Amazonas

Novembro, 2011

MARIA BEATRIZ NOGUEIRA RIBEIRO

**ECOLOGIA, MANEJO E SUSTENTABILIDADE DA EXPLORAÇÃO
DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*) PELOS
ÍNDIOS KAYAPÓ, SUDESTE DA AMAZÔNIA**

ORIENTADOR: DR. WILLIAM ERNEST MAGNUSSON

Co-orientadora: Dra. Pascale de Robert

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Biologia Tropical e Recursos Naturais do
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Novembro, 2011

R484 Ribeiro, Maria Beatriz Nogueira
Ecologia, manejo e sustentabilidade da exploração da castanha-da-Amazônia
(*Bertholletia excelsa*) pelos índios Kayapó, sudeste da Amazônia / Maria
Beatriz Nogueira Ribeiro. --- Manaus : [s.n.], 2011.
xii,142 f. : il. color.

Tese (doutorado) --- INPA, Manaus, 2011
Orientador : William Ernest Magnusson
Co-orientador : Pascale de Robert
Área de concentração : Ecologia

1. Castanha – da – Amazônia. 2. Sementes – Dispersão. 3. Manejo. 4. Índios
Kayapó. 5. Conhecimento tradicional. 6. Extrativismo. 7. Variabilidade espacial.
I. Título.

CDD 19. ed. 634.575

Sinopse:

Estudou-se os impactos da coleta de sementes e do manejo realizados pelos índios Kayapó em populações de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*), e aspectos da dinâmica populacional desta espécie relevantes para a avaliação da sustentabilidade de sua exploração.

Palavras-chave: Dinâmica populacional, Dispersão de sementes, Extrativismo, Produtos florestais não-madeireiros, Recrutamento, Remoção de sementes, Variabilidade espacial

RELAÇÃO DA BANCA JULGADORA

Dr. Andrew Beattie

Macquarie University, AUS

PARECER: Aprovada

Dr. Charles R. Clement

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

PARECER: Aprovada

Dr. Glenn Shepard Jr.

Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG)

PARECER: Aprovada

Dra. Lúcia H. O. Wadt

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

PARECER: Aprovada

Dr. Orou Gaue

University of Tennessee, EUA

PARECER: Aprovada

Dr. Rogério Gribel

Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro

NÃO ENVIOU O PARECER

Dr. Torbjørn Haugaasen

Norwegian University of Life Sciences, NOR

PARECER: Aprovada

Ao meu filho tão querido, Davi, que me acompanhou, me inspirou e me alegrou durante este trabalho. Que este trabalho sirva de inspiração para que ele respeite e cuide da natureza sempre, independente do caminho que queira seguir.

Ao meu marido, Adriano, pelo amor, por sua luta incansável pela proteção das florestas do sul do Pará e por seu comprometimento e respeito para com os Kayapó.

Ao meu irmão, Fábio, pela luta, respeito e dedicação aos povos indígenas do Xingu.

Aos meus pais, Dario e Marisa, pelo carinho e apoio incondicionais sempre.

Ao meu querido avô Zé, amante e respeitador da natureza e das pessoas que dela vivem, e que, onde quer que esteja, certamente está feliz com os caminhos que tenho trilhado.

Aos Kayapó, pela luta para proteger suas florestas e sua cultura.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos sinceros e especiais

Às comunidades Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, por acreditarem em meu trabalho e por me receberem tão bem em suas aldeias, seus castanhais, suas terras e suas vidas. Agradeço especialmente à minha família Kayapó Iruá Uapur, Djunuá Pabyro, Ikanikwói Nhakudjã, Ikanikwói Nhokró, Ikamy Koimok e Ituiwá Kukeikudjã, assim como à Inhetwá Kupatô, Ituiwá Moianrí, Beptotí, Idjoi Painpunú, Idjoi Paimbá, Inhambikwá Pixire, Ikanikwói Purukapá, Bengoti (Tiago), Kroiê, Benadjoro Kroat e Benadjoro Tumre, entre muitos outros, por me fazerem sentir como se A'Ukre fosse minha segunda casa e pela saudade que deixam em meu peito quando eu não estou lá. Por compartilharem comigo seu dia a dia, seus rituais e por cuidarem com tanto carinho de mim, do meu marido e do meu filhinho.

Aos meus auxiliares de campo Kayapó: Biribiri, que me acompanhou durante quase todo meu trabalho e que sabe identificar as castanheiras jovens como ninguém; Paulo Akaikran, que me ajudou e me acompanhou com toda a empolgação a encontrar novos castanhais em A'Ukre; Kroiê pela companhia e por compartilhar comigo suas histórias e seu conhecimento sobre os castanhais; Cacique Kroat, Kroiê, Meikangô, Paiakan, Kubenhet Orotí, Tunhô, Nhêpre, Amazonas, Batxê, Patóp, Batí, Ireô, Koimok, Mokuká, Wangar, entre outros, que me levaram para conhecer seus castanhais.

Meu agradecimento especial a um Kayapó muito querido, Okóre, um dos meus ajudantes fiéis, que tinha sempre um sorriso e uma brincadeira para nos alegrar diante das dificuldades, que era trabalhador como poucos que conheci, forte, jovem e grande coração, e que partiu demasiado cedo desse nosso mundo deixando imensas saudades.

Ao meu querido amigo e ajudante Nilson, uma pessoa simples e especial de muitas maneiras, grande entendedor da língua e da cultura Kayapó e da ecologia das castanheiras, companheiro para todos os momentos, desde o cansaço nos castanhais às conversas e comilanças na aldeia, e sem o qual meu trabalho não teria sido o mesmo.

Aos amigos queridos Tessa Hoorda e Kenji Kato, pela ajuda e pela deliciosa companhia nos trabalhos de campo na Aldeia A'Ukre.

Ao meu orientador, William Magnusson, pela confiança, pelas críticas, discussões, desconstruções e construções de idéias, pela paciência e por contribuir enormemente para minha formação e crescimento como cientista. Desde o início eu sabia que ele era o melhor orientador que eu poderia ter escolhido.

À minha co-orientadora, Pascale de Robert, pela empolgação, pelas idéias e contribuições ao planejamento do meu trabalho e à tese, por compartilhar comigo seu conhecimento sobre a cultura e o manejo da biodiversidade pelos Kayapó e pelo seu lindo trabalho com a comunidade de Moikarakô.

Aos financiadores deste projeto: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCT), Conservation International do Brasil (CI-Brasil), Programa BECA - Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) e Gordon & Betty Moore Foundation, e Institut de Recherche pour le Développement (IRD).

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela infra-estrutura. À Cláudia Keller, Andresa, Rosi e Beverly, pelo auxílio nos assuntos ligados ao Departamento de Ecologia do INPA.

À banca de revisores iniciais do projeto de doutorado, Dra. Lúcia Wadt, Dr. Charles Clement e Dr. Rogério Gribel; à banca de qualificação, Dr. Bruce Nelson, Dr. Charles Clement, Dra. Flávia Costa, Dr. José L. Camargo e Dra. Maristerra Leme; e aos pesquisadores que leram versões iniciais dos capítulos dois e três, Dr. Adam Stow, Dr. Charles Clement, Dr. Torbjørn Haugeaasen e Dra. Barbara Zimmerman; pela contribuição essencial para esta tese.

Ao Charles Clement, pelas discussões essenciais sobre a história ecológica da castanha e pelas contribuições a este projeto. Sem sua ajuda, este trabalho teria seguido um rumo diferente.

À Tania P. Pimentel, pela ajuda e pelas análises de solo.

Ao Mario Barroso, pelo auxílio crucial nas análises de geoprocessamento. A Jean François Faure e ao SEAS-Guiane/IRD pela disponibilização das imagens SPOT.

Aos grandes amigos Mariana e Cristiano, pelo auxílio na confecção dos mapas.

À Cláudia Baider, por disponibilizar dados e mapas dos castanhais do Pinkeití.

Ao Wilson Spironello, pelo auxílio nas análises com o programa DISTANCE.

À Associação Floresta Protegida, ao Valdez e ao Euclebes, pelo apoio logístico essencial para a realização do trabalho de campo.

A todos os amigos que me receberam tão bem em Manaus durante o doutorado: Daniel, Gabi, Saci, Dé, Thayná, Carlota e, especialmente, aos queridos Manô e Bogs, por me acolherem em sua casa nos últimos dois anos e por toda companhia, ajuda e bons momentos juntos. Ao Bogs, pela ajuda essencial nos últimos momentos antes de eu entregar a tese.

Aos amigos que, longe ou perto, me ajudaram e alegraram minha vida durante os últimos quatro anos: Tatá e Dalton, Mari e Cris, Jú Ferreira, Jú Nico, Maíra, Lígia, Rá e Parda, Marina, Raquel, Paulo e Giulia, e a todos os amigos queridos de Manaus, em especial à Manô, Bogs, Gabi, Maíra, e à minha querida amiga Fabi, que tinha uma alegria e uma energia contagiante e de quem sinto muitas saudades.

Aos meus sogros, Miriam e Tobias, pela companhia que fizeram ao Pingo e ao Davi durante minhas viagens e por todo o carinho.

Ao meu Avô Zé, por ter sempre me inspirado a amar e respeitar a natureza e a ser uma pessoa justa, carinhosa e respeitadora com todas as pessoas, independente de sua cor, cultura e religião. Muitas saudades de você meu querido Vô Zé.

À minha linda família: meus pais Dario e Marisa, pelo amor e apoio, pelos valores lindos que têm me passado ao longo da minha vida, por compartilharem comigo todas as conquistas e as dificuldades que apareceram durante meu trabalho, e por me ajudarem a cuidar do Davi durante as etapas de campo; meu irmão Fábio, minha cunhada Kandyê, minha irmã Kiki, meu cunhado Alê e meus sobrinhos Raul e Miguel, por tornarem a minha vida cheia de alegria

Por fim, meu agradecimento mais especial aos meus dois grandes amores: Adriano e Davi. Ao Adriano (Pingo), meu marido e companheiro, que tem um coração tão grande quanto este mundo, que sonhou junto comigo e tornou realidade este trabalho, que me ajudou a superar todas as dificuldades que apareceram no caminho, que trabalhou arduamente no campo tanto quanto eu, que cuidou do Davzinho tão bem durante minhas longas estadias na aldeia, que foi meu companheiro durante dias e noites pensando nas castanheiras e nos Kayapó, e que compartilha comigo a vontade de viver de forma simples, respeitar as diferenças e tornar o mundo um pouquinho melhor. Ao Davi, amor da minha vida, meu filho tão amado e meu companheirinho, que participou comigo deste trabalho desde o início, que conheceu muitos castanhais ainda na barriga e foi para a aldeia comigo durante o trabalho de campo, que aguardou pacientemente minha volta durante tantas viagens, que encheu minha vida de doçura, amor e alegria infinitos, e que tem me inspirado e me ensinado a ser, a cada dia, um ser melhor. Vocês dois são a minha vida.

RESUMO

O uso sustentável da floresta tem sido sugerido como uma das únicas alternativas para frear o desmatamento e conservar a biodiversidade e as populações tradicionais da Amazônia. A castanha-da-Amazônia é um dos principais produtos extrativistas da região Amazônica, e muito se tem discutido sobre os impactos da coleta de sementes para o futuro das populações de castanheiras. Os objetivos deste estudo foram avaliar a sustentabilidade da exploração de sementes de castanhas pelos índios Kayapó de três aldeias no sudeste do Pará e os impactos do manejo intencional e não intencional realizado por eles nos castanhais da Terra Indígena (TI) Kayapó, e fornecer informações ecológicas úteis para o manejo e a conservação das castanheiras na TI Kayapó e na Amazônia. Especificamente, foram investigadas as seguintes perguntas: (1) Qual o estoque de sementes de castanha e as proporções coletadas pelos Kayapós das três aldeias nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras? (2) O número de anos de coleta e a quantidade de castanha coletada pelos Kayapó afetam o recrutamento de plântulas nos castanhais? (3) Os índios Kayapó atuam como dispersores da castanha, intencional ou não intencionalmente? (4) A caça praticada pelos Kayapó nos castanhais afeta a remoção de sementes de castanha e o recrutamento de plântulas? (5) Qual a magnitude da variabilidade de parâmetros populacionais de *B. excelsa* em diferentes castanhais na TI Kayapó? Os índios Kayapó das aldeias A'Ukre, Moikarakô e Kikretum realizam uma coleta de castanha não intensiva e seletiva em todas as escalas analisadas: paisagem, castanhais e castanheiras. A abundância de castanhais na TI Kayapó é alta e apenas cerca de 30% deles são explorados pelos Kayapó. A proporção de sementes coletadas por eles entre 2008 e 2010 variou de 7,2% a 43% do estoque estimado de sementes dos castanhais explorados, o que representa de 2,5 a 12,7% do estoque total de sementes disponíveis nos territórios das três aldeias. Contrariamente ao esperado, o número de anos de coleta de castanha pelos Kayapó foi positivamente relacionado à densidade de plântulas dentro dos castanhais. Os Kayapó dispersam sementes de castanha não intencionalmente ao longo de trilhas e a densidade de plântulas de castanheira foi significativamente maior nas proximidades de trilhas ($28,6 \text{ ind./ha} \pm 7,9 \text{ DP}$) do que longe destas ($1,2 \pm 2,1$). Além disso, os Kayapó plantam sementes e plântulas de castanha em suas aldeias e roças. A remoção de sementes por animais em castanhais explorados, que também são utilizados pelos Kayapó para caçar, foi menor do que em castanhais não explorados e não caçados, e a porcentagem de remoção foi negativamente relacionada à densidade de plântulas nos castanhais. Isso indica que a dispersão de sementes pelos Kayapó associada à caça de predadores e/ou dispersores da castanha favorece a regeneração de plântulas em castanhais explorados e a sustentabilidade da coleta de castanha. O crescimento médio e a mortalidade de plântulas, a área dos castanhais, a densidade de indivíduos adultos, e a estrutura etária das subpopulações de castanheiras variaram significativamente entre castanhais na TI Kayapó e mesmo dentro do território de cada aldeia estudada, indicando que modelos demográficos simples e não espacialmente explícitos não são adequados para avaliar o impacto de atividades antrópicas sobre *B. excelsa*. Conclui-se que, na TI Kayapó, a coleta não intensiva de sementes de castanha pelos Kayapó associada ao manejo direto e indireto, intencional e não intencional, favorece o recrutamento de plântulas de *B. excelsa* dentro e fora dos castanhais. Como a maior parte dos castanhais nos territórios das aldeias estudadas não é explorada, existe ainda a possibilidade de expansão da produção comercial da castanha pelos Kayapó, assim como o revezamento de castanhais para a coleta. Modelos demográficos que visam avaliar a sustentabilidade da coleta de castanha na TI Kayapó e em outras regiões Amazônicas devem incorporar a variação espacial na dinâmica populacional de *B. excelsa*, que é consideravelmente alta em média e grande escala espacial.

ABSTRACT

Ecology, management and sustainability of Brazil-nut (*Bertholletia excelsa*) harvesting by the Kayapó Indians, Southeastern Amazonia

The sustainable use of the forest has been suggested as one of the only alternatives to reduce deforestation, and conserve the biodiversity and the traditional populations in the Amazon. Brazil nut is one of the main extractive products of the Amazon region, and much has been discussed about the impacts of seed harvesting for the future of Brazil-nut populations. The aims of this study were to evaluate the sustainability of Brazil-nut harvesting by the Kayapó Indigenous people of three villages in Southeastern Amazonia and the impacts of intentional and unintentional Brazil-nut management practices by them in Brazil-nut groves of the Kayapó Indigenous Land (IL), as well as provide critical ecological information to guide the management and conservation of Brazil nut in the Kayapó IL and other Amazonian regions. The following questions were investigated: (1) What is the Brazil-nut-seed stock and the proportions of seeds collected by the Kayapó of three villages at landscape, grove and Brazil-nut-tree scales? (2) Do the number of years of harvest and the amount of seeds harvested by the Kayapó affect seedling recruitment in Brazil-nut groves? (3) Do the Kayapó disperse Brazil nuts, intentionally or unintentionally? (4) Does hunting by the Kayapó affect seed removal and seedling recruitment in Brazil-nut groves? (5) What is the magnitude of spatial variability of *B. excelsa* population parameters in Kayapó IL? The Kayapó Indians from the villages of A'Ukre, Moikarakô and Kikretum have harvested seeds selectively and non-intensively at all analyzed scales: landscape, groves and trees. The abundance of Brazil-nut groves in the Kayapó IL is high and only about 30% of them are exploited by the Kayapó. The proportion of seeds collected by the Kayapó between 2008 and 2010 ranged from 7.2% to 43% of the seed stock of harvested groves, which represents 2.5 to 12.7% of the total stock of seeds in the territories of the three villages. Contrary to expectations, the number of years of harvest was positively related to the density of seedlings within Brazil-nut groves. The Kayapó disperse Brazil-nut seeds unintentionally along trails and the density of seedlings was significantly higher near ($28.6 \text{ ind./ha} \pm 7.9 \text{ SD}$) than away from trails (1.2 ± 2.1). In addition, the Kayapó plant Brazil-nut seeds and seedlings in their villages and gardens. Brazil-nut seed removal in harvested Brazil-nut groves, which are also hunted by the Kayapó, was lower than in unharvested and unhunted groves, and seed removal by animals was negatively related to Brazil-nut seedling density in groves. This indicates that seed dispersal by the Kayapó associated with the hunting of Brazil-nut predators and/or dispersers favors seedling regeneration in harvested groves and the sustainability of seed harvesting. Mean growth and mortality of Brazil-nut seedlings, size of groves, density of adult individuals, and age structure varied significantly among groves in Kayapó IL, and even between groves within the territory of each village, indicating that simple and non-spatially-explicit demographic models are not adequate to evaluate impacts of human activities on *B. excelsa* populations. We conclude that the non-intensive seed harvesting conducted by the Kayapó, associated with direct and indirect, intentional and unintentional, management practices, favors seedling recruitment inside and outside groves in the Kayapó IL. As most groves in the territories of the studied villages are not harvested, there is the possibility of expansion of commercial production of Brazil nuts by the Kayapó, as well as the rotation of groves for harvesting. Demographic models aiming to evaluate the sustainability of Brazil-nut seed harvesting in the Kayapó IL and in other Amazonian regions should incorporate the spatial variability in population dynamics of *B. excelsa*, which is considerably high at meso and large scales.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	1
LISTA DE FIGURAS.....	3
INTRODUÇÃO GERAL.....	5
A Castanha-da-Amazônia.....	5
Os Índios Kayapó e sua relação com a castanha-da-Amazônia.....	8
Contexto regional e a comercialização de castanha pelos Kayapó.....	9
Organização de Tese.....	12
Objetivos.....	14
Capítulo 1. ESTOQUES E COLETA DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA (<i>BERTHOLLETIA EXCELSA</i> - LECYTHIDACEAE) EM DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA: IMPLICAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE.....	15
Sumário.....	17
Summary.....	18
Introdução.....	19
Materiais e Métodos.....	21
Resultados.....	24
Discussão.....	28
Agradecimentos.....	32
Referências.....	32
Tabelas.....	37
Figuras.....	39
Capítulo 2. COLETA DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA PELOS ÍNDIOS KAYAPÓ AUMENTA A DENSIDADE DE PLÂNTULAS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA.....	44
Resumo.....	46
Abstract.....	47
Introdução.....	48
Materiais e Métodos.....	49

Resultados.....	54
Discussão.....	55
Agradecimentos.....	58
Referências.....	59
Tabelas.....	65
Figuras.....	67

Capítulo 3. REMOÇÃO PÓS-DISPERSÃO DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM ÁREAS COM DIFERENTES INTENSIDADES DE COLETA E CAÇA NO SUDESTE DA AMAZÔNIA.....

Resumo.....	73
Abstract.....	74
Introdução.....	75
Métodos.....	77
Resultados.....	79
Discussão.....	80
Agradecimentos.....	83
Literatura citada.....	83
Tabelas.....	88
Figuras.....	90

Capítulo 4. VARIAÇÃO ESPACIAL NA DINÂMICA POPULACIONAL DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA, *BERTHOLLETIA EXCELSA*.....

Resumo.....	96
Abstract.....	97
Introdução.....	98
Materiais e Métodos.....	99
Resultados.....	102
Discussão.....	103
Agradecimentos.....	108
Literatura citada.....	109
Tabelas.....	115
Figuras.....	116

CONCLUSÃO GERAL.....	120
Síntese do trabalho.....	120
Conclusões.....	121
Implicações Práticas.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
APÊNDICE 1.....	137
ANEXO 1.....	139

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1.

Tabela 1. Estoque estimado de sementes de *B. excelsa* em castanhais explorados e nos territórios das aldeias Kayapó Kikretum, A'Ukre e Moikarakô, sudeste da Amazônia, para anos de baixa, média e alta produção de castanha pelas castanheiras. KKT = Kikretum, AUK = A'Ukre, e MKK = Moikarakô.....37

Tabela 2. Proporção estimada de sementes de *B. excelsa* coletadas dos castanhais explorados e dos territórios das aldeias Kayapó Kikretum, A'Ukre e Moikarakô, sudeste da Amazônia, em anos de baixa, média e alta produtividade pelas castanheiras e sob baixa, média e alta intensidade de coleta. Valores marcados com asteriscos são as proporções de castanha coletada de acordo com registros da produção comercial de 2008, 2009 e 2010 e informações sobre a coleta para subsistência obtidas a partir de entrevistas com os Kayapó. Valores sem asterisco são os valores estimados caso os Kayapó não ajustassem a intensidade de coleta à produtividade das castanheiras. KKT = Kikretum, AUK = A'Ukre, e MKK = Moikarakô.....38

Capítulo 2.

Tabela 1. Características dos castanhais amostrados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....65

Tabela 2. Detalhes da regressão múltipla testando os efeitos da coleta de castanha na densidade de plântulas em 20 castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....66

Capítulo 3.

Tabela 1. Características dos castanhais da aldeia Kayapó A'Ukre, TI Kayapó, nos quais foram conduzidos experimentos de remoção de sementes, e resultados dos experimentos de remoção para os tratamentos “sementes enterradas” (E) e sementes não enterradas (NE). EC = castanhais explorados e caçados, NEC = castanhais não-explorados e não-caçados.....88

Tabela 2. Resultados das ANOVAs aninhadas testando o efeito do uso do castanhal (coleta/caça) e do tratamento (enterradas/não enterradas) na proporção de sementes removidas e na proporção de estações nas quais sementes foram removidas, em seis castanhais da aldeia A'Ukre, TI Kayapó, sudeste da Amazônia.....89

Capítulo 4.

Tabela 1. Densidades de plântulas (altura < 2 m), de indivíduos jovens ($10 > \text{DAP} < 60$ cm) e de indivíduos adultos reprodutivos ($\text{DAP} > 60$ cm) em 21 castanhais localizados nos territórios das aldeias Kayapó A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....115

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Localização das aldeias Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum (identificadas em vermelho), na Terra Indígena Kayapó, sudeste do Estado do Pará, Brasil. Adaptado de Jerolimski *et al.* no prelo.....12

Capítulo 1.

Figura 1. Localização da área de estudo e das aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil.....40

Figura 2. Castanhal identificado na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia, em uma imagem pancromática SPOT 5 HRG obtida em 04/06/2006. Copyright CNES. Fonte: SEAS Guyane, projeto 0042-IRDUR169. Distribuição comercial exclusiva Spotimage SA.....41

Figura 3. Quantidade total em toneladas de castanha coletada para comercialização e para subsistência pelos Kayapó das aldeias A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, sudeste da Amazônia, e estoque estimado de castanha nos castanhais explorados e nos territórios destas aldeias, nos anos de 2008, 2009 e 2010.....42

Figura 4. Porcentagem de castanheiras exploradas nos castanhais (C/C), porcentagem média de frutos coletados nas árvores exploradas (F/A), e porcentagem de frutos coletados no castanhal (F/C), em cinco castanhais localizados no território da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. Os símbolos representam os cinco diferentes castanhais.....43

Capítulo 2.

Figura 1. Localização das três aldeias Kayapó e dos 20 castanhais amostrados neste estudo, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil. Os números dos castanhais correspondem àqueles da Tabela 1.....68

Figura 2. Regressões parciais mostrando a relação entre densidade de plântulas estabelecidas (DP) e anos de coleta (AC) (a), e entre a densidade de plântulas estabelecidas e a quantidade

de castanha coletada (QC) (b) em castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....69

Figura 3. Densidade de plântulas de castanha ao longo de trilhas e em transeções paralelas a estas, na aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....70

Capítulo 3.

Figura 1. Localização da aldeia A'Ukre e dos seis castanhais explorados e não explorados nos quais foram conduzidos experimentos de remoção de sementes. Os números dos castanhais equivalem àqueles da Tabela 1.....91

Figura 2. Delineamento espacial do experimento de remoção de sementes conduzido em seis castanhais da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. Círculos abertos representam estações com sementes não-enterradas e círculos fechados, estações com sementes enterradas.....92

Figura 3. Relação entre a densidade de plântulas de castanha e a porcentagem total de sementes removidas (A), e entre a densidade de plântulas e a porcentagem de estações nas quais sementes foram removidas (B), para sementes enterradas, em castanhais explorados (círculos) e em castanhais não-explorados (triângulos) da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.....93

Capítulo 4.

Figura 1. Localização da área de estudo e das aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil.....117

Figura 2. Crescimento anual em diâmetro à altura do peito (DAP) de 270 indivíduos de castanha com $DAP > 1 < 300$ cm, em castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. A linha representa uma regressão LOWESS (tensão = 0.3).....118

Figura 3. Variação no crescimento médio anual de plântulas em altura (A), na mortalidade anual de plântulas (B), na densidade de castanheiras adultas (≥ 60 cm DAP) (C) e nas áreas dos castanhais (D) localizados nos territórios nas aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. AUK = A'Ukre, KKT = Kikretum, MKK = Moikarakô.....119

INTRODUÇÃO GERAL

A conservação da Floresta Amazônica tem ocupado um espaço crescente nas pesquisas científicas e influenciado consideravelmente a definição de políticas públicas nas últimas décadas. A Amazônia abriga uma sociobiodiversidade imensa (Rylands *et al.*, 2002; Ricardo & Ricardo, 2006). Paradoxalmente, apresenta também taxas de desmatamento alarmantes, associadas principalmente à pecuária extensiva e ao cultivo da soja (Laurance *et al.*, 2004; Fearnside, 2005) e, somente na Amazônia Legal brasileira, cerca de 18% da cobertura vegetal original já foi desmatada (Imazon, 2011). Mesmo em regiões onde a floresta ainda encontra-se em pé, pressões menos evidentes, como a exploração madeireira, a mineração e a caça e pesca predatórias ameaçam a biodiversidade e as populações indígenas e ribeirinhas que delas subsistem (Peres, 2000; Asner *et al.*, 2005; Barreto *et al.*, 2005). Uma das alternativas sugeridas para valorizar a floresta em pé é a comercialização de produtos florestais não-madeireiros (PFNM) (Anderson, 1990; Nepstad & Schwartzman, 1992; Shanley *et al.*, 2002). Embora existam críticas acerca do extrativismo como único modelo de desenvolvimento capaz de frear a destruição da Floresta Amazônica (Homma, 2000; Escobal & Aldana, 2003; Silvertown, 2004), a exploração de PFNMs é considerada uma das melhores alternativas de geração de renda para diversas comunidades indígenas, ribeirinhas e quilombolas e de conservação das florestas desta região (Anderson, 1990; Nepstad & Schwartzman, 1992; Richards, 1993; Clay, 1997). No entanto, apesar de ser muito menos impactante para a conservação da sociobiodiversidade amazônica do que a grande maioria das atividades econômicas desenvolvidas nesta região, muito tem se discutido sobre a real sustentabilidade da exploração de PFNM (Peters, 1994; Peres *et al.*, 2003; Ticktin, 2004).

A Castanha-da-Amazônia

A castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) é um dos principais PFNM comercializados na região Amazônica. As sementes da castanha vêm sendo utilizadas por comunidades indígenas há milhares de anos (Clement, 1999) e hoje são apreciadas no mundo inteiro por seu sabor, propriedades nutricionais e por seu óleo, utilizado para cosméticos e como azeite (Clement, 1999; Cymerys *et al.*, 2005). A comercialização da castanha iniciou-se no século XIX e aumentou significativamente nos últimos 150 anos,

especialmente no Brasil, Peru e Bolívia (Stoian, 2004). No Brasil, houve uma estagnação do mercado de castanha no final da década de 90, principalmente em decorrência da contaminação das sementes por toxinas produzidas por fungos (aflatoxinas), o que tem representado uma barreira para a exportação da castanha, e da competição com a Bolívia e o Peru, devido aos baixos custos de operação e às inovações tecnológicas na produção de castanha nesses países (Clement, 1999; Stoian, 2004). No ano de 1996, a produção de castanha comercializada no Brasil caiu quase pela metade (21.5 ton) em relação ao ano de 1995 (40.2 ton). A partir de 2000, a produção brasileira passou a aumentar novamente e, entre os anos de 2000 e 2009, foram coletadas anualmente cerca de 30 mil toneladas de castanha na Amazônia brasileira, o que movimentou, em média, 3,6 milhões de reais por ano (IBGE, 2011). O aumento da procura por produtos ambientalmente corretos, que contribuam para a conservação da Floresta Amazônica e para a qualidade de vida das populações tradicionais, como os com certificação orgânica e florestal, representa uma grande oportunidade para a comercialização da castanha. Para isso é necessário realizar o manejo adequado deste recurso, que garanta tanto a sua qualidade como a sua sustentabilidade, viabilizando a exploração por tempo indeterminado pelas populações que dependem do mesmo.

Bertholletia excelsa é uma espécie arbórea de ampla ocorrência na bacia Amazônica e sua distribuição geográfica se estende desde o sudeste da Amazônia brasileira até a Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas (Peres *et al.*, 2003; Shepard Jr. & Ramirez, 2011). Pertence à família Lecythidaceae e ao gênero monoespecífico *Bertholletia*, e é uma das maiores e mais longevas árvores da Amazônia, podendo atingir 50 m de altura e 5 m de diâmetro (Mori & Prance, 1990) e viver cerca de 1000 anos (Vieira *et al.*, 2005). Ocorre geralmente em aglomerados conhecidos como castanhais, os quais podem conter de poucas a centenas de castanheiras (Mori & Prance, 1990), embora possa também apresentar distribuição não agregada na paisagem (Wadt *et al.*, 2005). As densidades de castanheiras adultas variam de cerca de 1 a 10 indivíduos adultos por hectare (Viana *et al.*, 1998; Peres *et al.*, 2003; Wadt *et al.*, 2008). A polinização de suas flores é realizada por algumas poucas espécies de abelhas Euglossine (Maués, 2002). Seus frutos contêm entre 15 e 30 sementes e, quando maduros, são globosos, indeiscentes e extremamente duros, sendo o processo de abertura bastante trabalhoso. Dentre os poucos animais capazes de abri-los, destaca-se a cutia (*Dasyprocta* spp.), que além de ser o principal predador, é também o principal dispersor não-humano da castanha (Peres & Baider, 1997; Tuck Haugaasen *et al.*, 2010).

Embora Peres & Baider (1997) sugeriram que a atividade de cutias e de outros dispersores de sementes, por si só, poderia explicar os padrões de distribuição espacial de *B. excelsa*, existem fortes evidências de que a distribuição geográfica desta espécie na Amazônia esteja associada à atividade de populações humanas pré-colombianas (Ducke, 1946; Balée, 1989; Shepard Jr. & Ramirez, 2011). Estudos associam a distribuição de castanhais às chamadas “terra preta de índio” e “terra mulata”, áreas consideradas antrópicas, nas quais o solo apresenta coloração escura e altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, podendo conter restos de utensílios de cerâmica (Baleé, 1989; Clement *et al.*, 2003; Neves *et al.*, 2003). Adicionalmente, a diversidade genética da espécie ao longo da Amazônia é extremamente baixa e sua distribuição geográfica ampla em comparação com espécies próximas do gênero *Lecythis* spp., o que sugere uma dispersão recente da espécie que provavelmente não poderia ser atribuída somente a dispersores não humanos (Buckley *et al.*, 1988; Kanashiro *et al.*, 1997; Gribel *et al.*, 2007; Shepard Jr. & Ramirez, 2011). A análise lingüística histórica dos termos indígenas utilizados para a castanha também reforça a hipótese de uma dispersão recente desta espécie para as regiões centro e sul da Amazônia (Shepard Jr. & Ramirez, 2011). Além de populações humanas provavelmente influenciarem indiretamente a regeneração de populações de castanheiras, já que o recrutamento da espécie é favorecido em roças e áreas perturbadas (Cotta *et al.*, 2008; Scoles, 2010), existem evidências de que populações indígenas vêm praticando um manejo direto das populações de castanheiras (Posey, 1985; Baleé, 1989; Pereira, 1994).

A castanha-da-Amazônia é uma das únicas espécies de castanha cuja produção comercial provém quase que exclusivamente de populações silvestres (Clay, 1997), e sua comercialização é uma importante, senão a única, fonte de renda para milhares de famílias indígenas, ribeirinhas e quilombolas na Amazônia. Por isso, avaliar os impactos da coleta de castanha é fundamental para garantir a sustentabilidade desta atividade. Nos últimos anos, alguns estudos avaliaram os impactos da coleta de sementes de castanha para a regeneração dos castanhais (Baider, 2000; Zuidema & Boot, 2002; Peres *et al.*, 2003; Wadt *et al.*, 2008; Scoles, 2010), porém os resultados obtidos são controversos. Peres *et al.* (2003) realizaram uma meta-análise da estrutura populacional de 23 castanhais de diversas regiões da Amazônia, a qual indicou que a coleta intensiva tem impactos a longo prazo nas populações desta espécie, diminuindo o recrutamento de indivíduos jovens. Entretanto, estudos com enfoque local e regional, como os de Zuidema & Boot (2002), Wadt *et al.* (2008) e Scoles (2010), conduzidos em dois castanhais na Bolívia, três castanhais no Acre, e diversos

castanhais na região dos Rios Trombetas e Madeira na Amazônia Central, respectivamente, concluíram que a exploração de sementes não afeta a regeneração das populações de castanha avaliadas.

A discrepância dos resultados destes estudos quanto aos impactos da coleta de castanha indica que a avaliação da sustentabilidade desta atividade e a definição de práticas de manejo apropriadas devem ser conduzidas especificamente para diferentes localidades ou regiões. A vulnerabilidade das populações de castanheiras aos impactos negativos da coleta pode variar conforme a intensidade da coleta, as práticas de manejo utilizadas pelos coletores, e os contextos espacial (ex. proximidade de outros castanhais não explorados), ambiental (ex. grau de proteção da floresta em que o castanhal explorado está inserido e características ambientais que afetem as taxas de recrutamento, como pluviosidade, tipo de solo e estrutura da floresta) e social (ex. utilização dos castanhais por populações humanas para outras atividades, como caça, extrativismo e corte seletivo de madeira). Avaliar adequadamente a sustentabilidade desta atividade contribuirá não apenas para a conservação das populações de castanheiras, mas também para a manutenção dos meios de vida e da floresta da qual as populações tradicionais amazônicas dependem.

Os Índios Kayapó e sua relação com a castanha-da-Amazônia

Os Kayapó são um grupo indígena pertencente ao tronco linguístico Macro-Jê, família linguística Jê, que provavelmente originou-se na região de cerrados entre os Rios Araguaia e Tocantins. De hábitos tradicionalmente semi-nômades, migraram para a margem oeste do Tocantins há, pelo menos, 150 anos. A partir de então, se espalharam ao longo da bacia do Rio Xingu, atingindo até mesmo a margem direita do Rio Tapajós (Turner, 1992). Hoje, os Kayapó habitam mais de 30 aldeias localizadas em nove Terras Indígenas (TIs) (Ricardo & Ricardo, 2006; Jerolimski *et al.*, no prelo) que, juntas, ocupam uma área de cerca de 13 milhões de hectares no centro-sul do Estado do Pará e norte do Estado do Mato Grosso (Figura 1). Apesar de os primeiros contatos dos Kayapó com a sociedade envolvente terem ocorrido antes da década de 50 (Arnaud, 1987), este grupo indígena ainda mantém uma forte identidade cultural: subsistem de agricultura de coivara, da coleta de frutos, da caça e da pesca, falam sua própria língua, realizam uma grande variedade de rituais e pinturas corporais, e mantêm sua estrutura social e política tradicional.

A travessia do grupo ancestral dos Kayapó contemporâneos para a margem esquerda do Rio Araguaia consolidou sua íntima relação com a floresta Amazônica e com suas espécies, incluindo a castanha. No entanto, a presença da castanha nos mitos e histórias dos Kayapó (Vidal, 1977; Robert, 2009) sugere que eles já utilizavam esta espécie antes de habitarem a região do Xingu, provavelmente devido à prática tradicional de longas incursões para regiões de floresta, incluindo áreas de castanhais. A coleta da castanha pelos Kayapó é realizada por homens e mulheres, organizados em grupos familiares ou de categorias de idade, e é uma atividade sobre a qual os mesmos têm total conhecimento e domínio. No período de coleta, os Kayapó geralmente permanecem acampados na floresta por algumas semanas, durante as quais praticam diversas atividades tradicionais, como caça, pesca, pinturas corporais e cantos, além de contarem histórias e mitos (Robert, 2009). A castanha é consumida para subsistência em muitas comunidades Kayapó ao longo de todo o ano, complementando sua dieta com óleo, proteína e vitaminas (Clement, 1999). Além da castanha madura (*piy*), os Kayapó ocasionalmente consomem a castanha verde (*piy karo*) (Robert, 2009) e algumas vezes utilizam a envira de indivíduos jovens para fazer a alça de cestos utilizados para o transporte da castanha (M.B.N.R., *observação pessoal*), usos que, no entanto, são raros e provavelmente tem um impacto muito baixo na população de castanheiras. Embora exista controvérsia (Parker, 1992), os índios Kayapó são conhecidos por realizarem o manejo de diversos dos recursos naturais que utilizam (Posey, 1985; Anderson & Posey, 1989), e existem evidências de que manejam as populações de castanha em seus territórios, através do plantio intencional desta espécie em suas florestas (Posey, 1985).

Contexto regional e a comercialização de castanha pelos Kayapó

O sul do Estado do Pará e o norte do Estado do Mato Grosso vêm sofrendo intensa transformação da paisagem nas últimas décadas e as TIs dos Kayapó representam o último grande bloco de florestas bem preservadas nesta região. Durante as décadas de 60 e 70, a abertura das rodovias Belém-Brasília, Cuiabá-Santarém, Transamazônica, e das estradas PA-150, PA-287 e PA-332, somada às políticas de incentivo à colonização da SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia), ITERPA (Instituto de Terras do Pará) e INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), catalisaram um intenso e repentino fluxo migratório para a região centro-sul do Pará e norte do Mato Grosso. Com a expansão das atividades agropecuárias, principalmente da pecuária extensiva, associadas à

descoberta de ouro e cassiterita e à crescente exploração madeireira, os territórios dos Kayapó passaram a ser constantemente pressionados (Arnaud, 1987; Schmink & Wood, 1992). Nas décadas de 80 e 90, os Kayapó se envolveram com a exploração de ouro e a extração seletiva de mogno (*Swietenia macrophylla*) em seus territórios (Zimmerman *et al.*, 2001). Em meados de 2000, tais atividades foram interrompidas na maioria das comunidades, como resultado da queda do preço do ouro, repressão por parte dos órgãos governamentais, barreiras à compra do mogno nos mercados internacionais, assim como pelo próprio esgotamento dos estoques de mogno na região (Schwartzman & Zimmerman, 2005). Neste período, o governo e ONGs sócio-ambientais passaram a apoiar projetos para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis de geração de renda junto às comunidades Kayapó, como estratégia para reduzir a vulnerabilidade destas ao envolvimento com atividades ilegais (Zimmerman *et al.*, 2001).

A comercialização de castanha e seus derivados passou a figurar neste cenário como a alternativa de geração de renda mais promissora para muitas das comunidades Kayapó, por vários motivos. Sua exploração é tradicionalmente realizada pelos Kayapó e a castanha é um recurso abundante nas florestas da região, o que favorece a sustentabilidade de sua coleta e sua viabilidade econômica. Existem mercados consumidores para a castanha, tanto no Brasil quanto no exterior, os quais, associados à possibilidade de agregar valor a este produto através de intervenções simples para o controle de sua qualidade e de certificações, podem aumentar consideravelmente a renda gerada com sua comercialização. O volume de recursos gerados pela comercialização da castanha é compatível com a capacidade de gestão das comunidades Kayapó envolvidas e a renda é distribuída entre todos os membros da comunidade, já que tanto mulheres e homens, como jovens, adultos e idosos, participam do processo de coleta. Já que a coleta de castanha só pode ser realizada se a floresta estiver preservada e os castanhais apresentam ampla distribuição na região, esta atividade também contribui para a fiscalização pelos Kayapó contra atividades ilegais e predatórias e, conseqüentemente, para a conservação das florestas desta região. Devido ao fato de muitos castanhais estarem localizados em regiões distantes das aldeias, durante a coleta de castanha os Kayapó tem acesso a recursos florestais que não ocorrem nas proximidades da aldeia e, assim, também desenvolvem outras atividades extrativistas, como a coleta de frutos, de remédios tradicionais e de materiais para a confecção de artesanato. Por fim, a longa permanência das famílias nos acampamentos de coleta de castanha proporciona oportunidades para a transmissão de conhecimentos tradicionais, contribuindo para a manutenção da cultura material e imaterial Kayapó (Jerozolimski & Ribeiro, no prelo).

O envolvimento dos Kayapó com a comercialização da castanha iniciou-se em meados da década de 50, logo após os primeiros contatos pacíficos com a sociedade envolvente, por intermédio do então Serviço de Proteção ao Índio (SPI) (Arnaud, 1987). Durante os períodos de exploração de ouro e extração seletiva de mogno, principalmente nas décadas de 80 e 90, a comercialização da castanha foi reduzida significativamente, chegando a cessar nas comunidades mais envolvidas com estas atividades ilegais. Entre 1991 e 2003, as comunidades Kayapó de A'Ukre (TI Kayapó) e Pukany (TI Menkragnoti) venderam óleo de castanha para uma empresa de cosméticos inglesa (*The Body Shop*), no início diretamente para a mesma e nos últimos anos por intermédio da Cooperativa Agrícola Mista dos Produtores e Extrativistas de Altamira (AmazonCoop), cooperativa criada e gerenciada na cidade de Altamira com apoio da *The Body Shop* (Morsello, 2002). Nos últimos anos, diversas comunidades Kayapó passaram a comercializar castanha bruta e óleo de castanha. Desde 2005, as comunidades Kayapó de Baú (TI Baú), Kubenkókre e Pukany (TI Menkragnoti) vêm processando e comercializando óleo de castanha com apoio das organizações indígenas locais, o Instituto Raoni e o Instituto Kabu. Já as comunidades de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, localizadas na TI Kayapó (Figura 1) e objeto deste estudo, estão envolvidas desde 2005 em uma iniciativa de manejo e comercialização de castanha *in natura* liderada pela Associação Floresta Protegida (AFP) (Jerozolski & Ribeiro, no prelo; Anexo 1), uma organização indígena não-governamental que representa onze comunidades Kayapó, das quais dez estão localizadas na TI Kayapó e uma na TI Menkragnoti. Após o fim das relações comerciais com a empresa *The Body Shop*, A'Ukre tem comercializado castanha bruta esporadicamente com o mercado local, assim como Moikarakô. Kikretum, por sua vez, tem constantemente comercializado castanha bruta no mercado local desde o fim de seu envolvimento com o corte seletivo de mogno em meados de 2002, devido a sua maior proximidade de sedes municipais.

Este estudo surgiu da necessidade de se avaliar os impactos da coleta de castanha praticada pelos Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum nas populações de castanheiras, e como forma de identificar a necessidade ou não de adoção de práticas de manejo que garantam a sustentabilidade desta importante iniciativa de geração de renda, assim como a preservação dos castanhais da TI Kayapó.

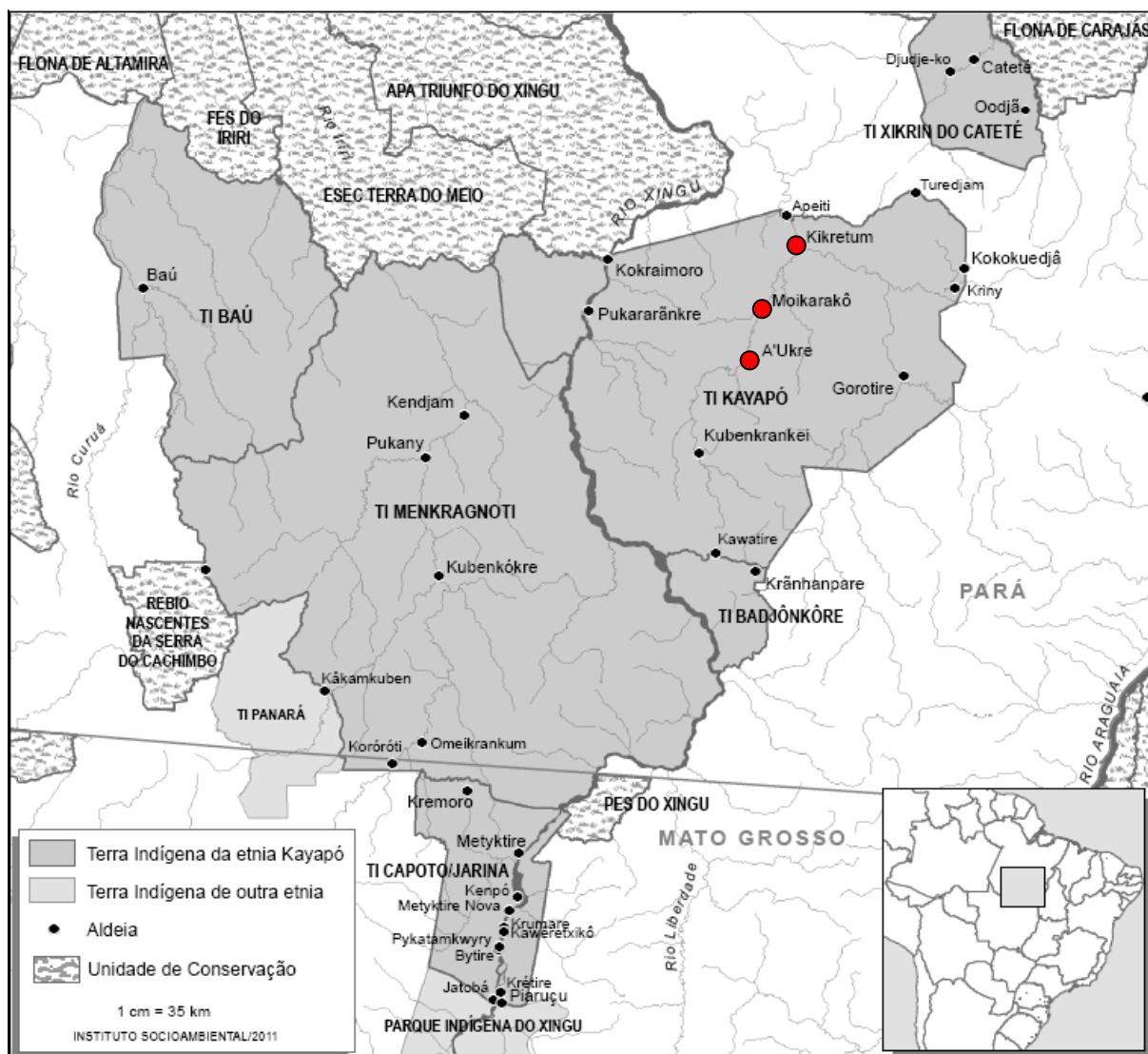


Figura 1. Localização das aldeias Kayapó de A'Ukrê, Moikarakô e Kikretum (identificadas em vermelho), na Terra Indígena Kayapó, sudeste do Estado do Pará, Brasil. Adaptado de Jerolimski *et al.*, no prelo.

Organização da Tese

Esta tese encontra-se dividida em quatro capítulos, todos estruturados na forma de artigos científicos, os quais estão prontos para serem submetidos para publicação.

No capítulo 1, “Estoques e coleta de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* - Lecythidaceae) em diferentes escalas espaciais no sudeste da Amazônia: implicações para a sustentabilidade”, são utilizadas análises de sensoriamento remoto associadas a coletas de

dados em campo, mapeamentos participativos e entrevistas para estimar a abundância de castanhais e a proporção do estoque de castanha coletada pelos Kayapós nos territórios das comunidades de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras.

No capítulo 2, “Coleta de castanha-da-Amazônia pelos Índios Kayapó aumenta a densidade de plântulas no sudeste da Amazônia”, é avaliado o impacto da coleta de castanha pelos Kayapó no recrutamento de plântulas de castanha em castanhais das aldeias A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, e investigado se os Kayapó atuam intencionalmente ou não como dispersores de castanha.

No capítulo 3, “Remoção pós-dispersão da castanha-da-Amazônia em áreas com diferentes intensidades de coleta e caça no sudeste da Amazônia”, é investigado se outras atividades praticadas pelos Kayapó nos castanhais, tais como a caça associada à coleta de castanha, estão relacionadas ao recrutamento de plântulas de castanha. Por meio de um experimento, foi testado se a remoção de sementes de castanha é diferente em castanhais explorados, os quais sofrem grande pressão de caça, e não explorados, os quais não são caçados. Além disso, foi testado se as taxas de remoção de sementes de castanha estão relacionadas às densidades de plântulas de castanha nos castanhais.

No capítulo 4, “Variação espacial na dinâmica populacional da castanha-da-Amazônia, *Bertholletia excelsa*”, foi investigado como o crescimento, a mortalidade e a densidade de indivíduos de castanheira, a estrutura de tamanho dos indivíduos e o tamanho do castanhal variam entre os castanhais e entre os territórios das aldeias de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, com o intuito de saber se modelos demográficos simples, como os usados até o momento, são adequados para avaliar o impacto de atividades antrópicas nas populações de castanheiras.

Ao final da tese, é apresentada uma síntese dos resultados obtidos e uma conclusão geral do trabalho.

OBJETIVOS

Os objetivos gerais desta tese foram:

- (1) Avaliar a sustentabilidade da exploração de sementes de castanhas pelos índios Kayapó das comunidades de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum e os impactos do manejo intencional e não intencional praticado por eles nas sub-populações de castanheiras de seus territórios;
- (2) Fornecer informações ecológicas úteis para o manejo e a conservação das populações de castanheiras na TI Kayapó e na Amazônia.

Especificamente, foram investigadas as seguintes perguntas:

- (1) Qual o estoque de sementes de castanha e as proporções coletadas pelos Kayapós de três aldeias nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras?
- (2) O histórico de coleta e a quantidade de castanha coletada pelos Kayapó afetam o recrutamento de plântulas nos castanhais?
- (3) Os índios Kayapó atuam como dispersores da castanha, intencional ou não intencionalmente?
- (4) A caça praticada pelos Kayapó nos castanhais está relacionada à remoção de sementes de castanha e ao recrutamento de plântulas?
- (5) Como parâmetros populacionais, tais como crescimento, mortalidade e densidade de indivíduos, estrutura de tamanho dos indivíduos e tamanho do castanhal variam entre os castanhais e entre os territórios das aldeias A'Ukre, Moikarakô e Kikretum?

Capítulo 1

Ribeiro, M.B.N., Jerzolimski, A., Robert, P. & Magnusson, W.E. Brazil-nut (*Bertholletia excelsa* - Lecythidaceae) stocks and harvesting at different spatial scales in southeastern Amazonia: implications for sustainability. Manuscrito formatado para *Journal of Applied Ecology*.

Estoques e coleta de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* - Lecythidaceae) em diferentes escalas espaciais no sudeste da Amazônia: implicações para a sustentabilidade

Maria Beatriz N. Ribeiro*†, Adriano Jerozolimski‡, Pascale de Robert§ & William E. Magnusson†**

* *Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.*

† *Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.*

‡ *Associação Floresta Protegida (AFP), Rua do Café, 201, Setor Morumbi, 68385-000, Tucumã, PA, Brasil.*

§ *Institut de Recherche pour le Développement (IRD), CP 7091, Lago Sul, 71619-971, Brasília, DF, Brasil.*

** *Coordenação de Ciências Humanas, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil.*

Correspondência: M. B. N. Ribeiro. Email: ribeiro.mbn@gmail.com / maria.beatriz@inpa.gov.br

Running head: Estoques e coleta de Bertholletia excelsa

Sumário

1. A coleta de sementes de *Bertholletia excelsa* (castanha-da-Amazônia) é uma das principais atividades extrativistas na bacia Amazônica e tem recebido muita atenção de pesquisadores visando garantir sua sustentabilidade. Embora existam estudos avaliando o impacto da coleta de sementes nas populações de *B. excelsa*, eles consideraram apenas os impactos nos castanhais que sofreram exploração. Nenhum estudo considerou a disponibilidade de *B. excelsa* na paisagem, ou padrões de coleta em escalas mais amplas, os quais são críticos para se avaliar a viabilidade da extração em longo prazo e planejar práticas de manejo. Os padrões espaciais na coleta de sementes de *B. excelsa* de castanheiras individuais dentro dos castanhais também não foram avaliados até então, embora eles possam influenciar os padrões de recrutamento de plântulas dentro dos castanhais.

2. Nós utilizamos imagens de satélite de alta resolução associadas a levantamentos de campo, mapeamentos participativos com coletores e registros de coleta, para avaliar a abundância de *B. excelsa* nos territórios de três aldeias indígenas Kayapó no sudeste da Amazônia. Isto nos permitiu estimar os estoques e as proporções de sementes *B. excelsa* coletadas pelos Kayapó nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras.

3. Castanhais são abundantes nos territórios das aldeias Kayapó estudadas, porém apenas cerca de 30% deles são explorados. Nos últimos anos, os Kayapó coletaram uma quantidade estimada de 7,2 a 43% das sementes produzidas nos castanhais explorados. Isto representa apenas de 2,5 a 12,7% do estoque total de sementes estimado para todo o território das aldeias estudadas. A contagem de árvores e de frutos explorados dentro dos castanhais mostrou que, em média, apenas 53% das castanheiras são exploradas nos castanhais e 66% dos frutos destas árvores são coletados.

4. *Síntese e aplicações.* Os Kayapó têm praticado uma coleta não-intensiva e seletiva de sementes de *B. excelsa* nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras, o que sugere que as populações desta espécie na área estudada não estão ameaçadas pela exploração. A aplicação de abordagens semelhantes avaliando diferentes escalas em outros locais e para outros produtos florestais não-madeireiros forneceria informações importantes para avaliar sua conservação em longo prazo, subsidiando o desenvolvimento de planos de manejo e ajudando a garantir os meios de vida das populações tradicionais da Amazônia.

Summary

1. *Bertholletia excelsa* (Brazil-nut) harvesting is one of the most important extractive activities in the Amazon basin and has received considerable attention from researchers aiming to guarantee its sustainability. Although studies have been developed to evaluate the impacts of seed harvesting on *B. excelsa* populations, they have considered only impacts in harvested groves. None has considered *B. excelsa* availability in the landscape, or patterns of harvesting at broader scales, which are critical to evaluate the viability of extraction and plan management practices. Spatial patterns of *B. excelsa* seed harvesting of individual *B. excelsa* trees within each grove have also not been evaluated, even though they may influence patterns of seedling recruitment within groves.

2. We used high-resolution satellite images associated with ground truthing, participative mapping with harvesters, and harvest records, to evaluate abundance of *B. excelsa* in the territories of three Kayapó Indigenous communities in southeastern Amazonia. This allowed us to estimate the proportion of *B. excelsa* harvested by the Kayapó at scales appropriate to evaluate effects on stocks in the landscape, in individual *B. excelsa* groves and under individual *B. excelsa* trees.

3. *B. excelsa* groves are abundant in the Kayapó lands, but only about 30% of them are harvested. In recent years, the Kayapó villagers have harvested from 7.2% to 43% of the seeds produced in harvested groves. These represent only 2.5 to 12.7% of total seeds estimated to have been produced within the territories of those Kayapó villages. Counts of fruits and trees harvested inside groves revealed that, on average, only 53% of the *B. excelsa* trees are harvested in the groves and about 66% of the fruits under those trees are collected.

4. *Synthesis and applications.* The Kayapó have undertaken non-intensive and selective *B. excelsa* seed harvesting at scales relevant to the landscape, groves and trees, which suggests that *B. excelsa* populations in the region are not threatened by harvesting. The application of similar multi-scale approaches in other sites and for other non-timber forest products would provide important information to evaluate their long term conservation, subsidizing the development of management plans and helping to guarantee the livelihoods of Amazonian traditional communities.

Palavras-chave: Índios Kayapó, manejo, paisagem, produtos florestais não-madeireiros.

Introdução

Os produtos florestais não-madeireiros (PFNM) têm sido considerados uma das melhores alternativas de geração de renda para as populações tradicionais e de conservação da Floresta Amazônica (Anderson 1990; Nepstad & Schwartzman 1992; Richards 1993; Clay 1997). No entanto, ao mesmo tempo em que a importância dos PFNM como ferramenta de conservação é crescente, a preocupação sobre a sua sustentabilidade tem aumentado, já que, em muitos casos, a superexploração parece causar impactos ecológicos para a espécie explorada (Ticktin *et al.* 2002; Ticktin 2004; Peres *et al.* 2003; Nakazono, Bruna & Mesquita 2004; Gaoue & Ticktin 2008, 2010). A disponibilidade de dados ecológicos de boa qualidade é essencial para a avaliação e o planejamento da exploração sustentável de PFNM, e estimativas da distribuição, da abundância e da produtividade do recurso são consideradas as principais informações para realizar esta avaliação (Peters 1994). No entanto, informações sobre a variação espacial nas condições ambientais e na coleta também são necessárias para se avaliar os impactos da coleta (Ticktin 2004; Gaour & Ticktin 2008).

A semente de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae), conhecida localmente como castanha-da-Amazônia ou apenas castanha, é um dos mais importantes PFNM da Floresta Amazônica e é coletada quase que exclusivamente de populações silvestres (Mori 1992; Clay 1997; Ortiz 2002). A castanha tem sido explorada por populações indígenas para subsistência há milhares de anos, e hoje sua comercialização é uma importante fonte de renda para muitas famílias indígenas e ribeirinhas da região Amazônica (Clement 1999; Ortiz 2002; Escobal & Aldana 2003). Devido à sua inquestionável importância para a economia da Amazônia, *B. excelsa* tem recebido uma atenção considerável de cientistas cujos objetivos são coletar as informações necessárias para aumentar a produção comercial e os benefícios econômicos para os coletores, assim como garantir seu uso em longo prazo. Existem estudos ao longo da Amazônia sobre a demografia de *B. excelsa* (Peres & Baider 1997; Zuidema & Boot 2002; Wadt, Kainer & Gomes-Silva 2005; Scoles 2010), sua polinização (Maués 2002), a dispersão e a predação de suas sementes (Peres, Schiesari & Dias-Leme 1997; Baider 2000; Jorge & Peres 2005; Tuck Haugaasen *et al.* 2010), a germinação de suas sementes (Kainer *et al.* 1999), o estabelecimento de plântulas (Kainer *et al.* 1998; Myers, Newton & Melgarejo 2000; Cotta *et al.* 2008; Scoles 2010) e a produtividade desta espécie (Baider 2000; Kainer *et al.* 2006; Kainer *et al.* 2007), assim como a avaliação dos impactos da coleta sobre suas populações (Zuidema & Boot 2002; Peres *et al.* 2003; Wadt *et al.* 2008; Scoles 2010).

Embora haja uma grande quantidade de informações sobre a ecologia das populações de *B. excelsa*, pouco se sabe sobre sua abundância, sua distribuição e os padrões de coleta ao longo de paisagens mais amplas. Estudos avaliando os efeitos da coleta de sementes de *B. excelsa* são normalmente baseados em um a três castanhais (Baider 2000; Zuidema & Boot 2002; Wadt *et al.* 2008). Mesmo quando os dados referentes a diversos castanhais ao longo da Amazônia são agrupados (e.g., Peres *et al.* 2003), eles ainda refletem apenas os efeitos locais da coleta na área explorada e não consideram os efeitos na população como um todo em nenhuma das localidades estudadas, embora isso afete a vulnerabilidade da população às atividades humanas (Gotelli 2008). Este padrão observado de amostragem é principalmente devido aos grandes custos e tempo necessários para se mapear castanheiras e castanhais em campo e, conseqüentemente, estimativas confiáveis dos estoques de sementes de *B. excelsa* na paisagem são inexistentes. Embora estas abordagens não estejam necessariamente incorretas, já que elas apenas refletem a escala de interesse dos pesquisadores (Levin 1992), inferências baseadas nelas sobre a conservação de *B. excelsa* em escalas mais amplas podem não ser realistas. A falta de informação sobre os estoques de sementes na paisagem também limita a possibilidade de manejo no caso de superexploração. De forma semelhante, padrões espaciais da coleta de sementes dentro dos castanhais explorados não foram estudados, embora eles possam influenciar os padrões de regeneração em escalas locais (ver Pulliam 1988).

Todas as relações ecológicas dependem da escala avaliada (Peterson & Parker 1998), e a análise dos efeitos das atividades humanas nos recursos naturais em escalas diferentes daquelas normalmente estudadas pode fornecer valiosas informações para se conservar e manejar as populações biológicas (Levin 1992). Neste artigo, nós avaliamos por meio do uso de imagens de satélite de alta resolução associadas a levantamentos de campo, mapeamentos participativos com os coletores e registros de coleta, como as estimativas dos estoques de *B. excelsa* e a proporção de sementes coletadas pode variar dependendo da escala analisada, em uma Terra Indígena no sudeste da Amazônia. Especificamente, nós abordamos as seguintes questões: (1) Qual é a abundância de árvores e de sementes de *B. excelsa* nos castanhais explorados pelos Índios Kayapó e na paisagem (aqui considerada como os territórios das comunidades indígenas)? (2) Qual é a proporção de castanhais explorados na paisagem pelos Índios Kayapó? (3) Qual é a proporção de sementes de *B. excelsa* coletadas pelos Kayapó nas escalas da paisagem, castanhais e castanheiras? Nós discutimos as implicações dos nossos resultados para a sustentabilidade e para o planejamento da coleta de *B. excelsa* pelas comunidades indígenas Kayapó.

Materiais e Métodos

ÁREA DE ESTUDO E ESPÉCIE ESTUDADA

Este estudo foi conduzido nos territórios de três aldeias Kayapó – A'Ukre (07°41'43''S, 51°52'53''W), Moikarakô (07°26'11''S, 51°48'57''W) e Kikretum (07°08'17''S, 51°39'26''W), localizadas ao longo dos Rios Riozinho e Fresco, que são afluentes de segunda e primeira ordem do Rio Xingu, respectivamente (Fig. 1). As três aldeias estão localizadas na Terra Indígena (TI) Kayapó, uma reserva de 3.284.005 ha no sudeste do Estado do Pará, sudeste da Amazônia, na transição entre a Floresta Amazônica e os cerrados do Brasil central. A'Ukre, Moikarakô e Kikretum têm cerca de 380, 385 e 840 habitantes, respectivamente. A distância linear entre as aldeias localizadas mais ao sul (A'Ukre) e mais ao norte (Kikretum) é de 65 km. O tamanho e os limites dos territórios de cada aldeia Kayapó não são claramente definidos, porém há acordos políticos entre as aldeias quanto ao uso dos recursos naturais. No caso da exploração de *B. excelsa*, os territórios de coleta correspondem a, aproximadamente, 15 a 20 km ao redor da cada aldeia. A altitude da TI Kayapó varia entre 200 e 500 m e o clima da região é quente e úmido, com uma estação seca proeminente entre maio e setembro. A pluviosidade anual média entre 1996 e 2002 foi de 2100 mm, e as temperaturas médias máxima e mínima mensais foram 34,2°C e 18,1°C (Jerozolinski 2005). Os Kayapó tradicionalmente coletam castanha para sua subsistência (Robert 2009), e a maioria das famílias das aldeias estudadas esteve envolvida na coleta para subsistência e comercialização na última década. Desde 2005, as três comunidades estão envolvidas em uma iniciativa de certificação e comercialização de castanha *in natura* liderada pela Associação Floresta Protegida (AFP), uma organização indígena sem fins lucrativos local.

Bertholletia excelsa ocorre em florestas de terra firme do Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas (Mori & Prance 1990; Peres *et al.* 2003; Shepard & Ramirez 2011), e está entre as espécies de árvores maiores e mais longevas da Floresta Amazônica (Mori & Prance 1990; Vieira *et al.* 2005). Os indivíduos de *B. excelsa* normalmente ocorrem em aglomerados (castanhais) que contém de poucos a mais de 300 indivíduos (Mori 1992; Peres & Baidier 1997) e a densidade de adultos reprodutivos nestas áreas normalmente varia entre 1 e 10 indivíduos ha⁻¹ (DHV 1993; Baidier 2000; Peres *et al.* 2003; Wadt, Kainer & Gomes-Silva 2005; Scoles 2010). A produção anual de frutos geralmente varia de cerca de 60 a 180 frutos por árvore (Baidier 2000; Zuidema & Boot 2002; Kainer *et al.* 2006; Kainer *et al.* 2007). Os frutos de *B. excelsa* são extremamente duros, contém de 10 a 30 sementes e caem

durante a estação chuvosa (Baider 2000). Além dos humanos, apenas algumas espécies podem abrir os frutos de *B. excelsa*, incluindo as cutias, que são tanto os principais predadores quanto os principais dispersores de suas sementes (Baider 2000; Tuck Haugaasen *et al.* 2010). O recrutamento de indivíduos jovens de *B. excelsa* nas florestas ocorre geralmente em clareiras (Myers, Newton & Melgarejo 2000).

MÉTODOS

Abundância e localização dos castanhais

As informações sobre a abundância e a localização dos castanhais nos territórios de cada aldeia foram obtidas com os Kayapó durante mapeamentos participativos e entrevistas. Três sessões de mapeamento participativo foram conduzidas, uma em cada aldeia Kayapó. Durante reuniões nas comunidades, imagens de satélite com referências geográficas e culturais foram apresentadas aos Kayapó, e estes indicaram a localização e os nomes dos castanhais de seus territórios. Adicionalmente, 98 entrevistas foram conduzidas individualmente com coletores Kayapó, 37 em A'Ukre, 32 em Moikarakô e 29 em Kikretum. Durante as entrevistas, que foram conduzidas no idioma nativo Kayapó com o auxílio de um tradutor Kayapó, foi pedido para que cada entrevistado citasse os nomes dos castanhais existentes no território de sua respectiva aldeia (detalhes sobre as entrevistas encontram-se no Apêndice 1).

Área dos castanhais

As áreas dos castanhais, assim como informações sobre castanhais desconhecidos pelos Kayapó, foram obtidas por meio da análise das imagens de satélite de alta resolução SPOT 5 HRG pancromática (2,5 m) e multiespectral (10 m), obtidas em 6 de abril de 2006. Nós visitamos nove dos castanhais identificados pelos Kayapó durante os mapeamentos participativos e entrevistas, acompanhados de coletores Kayapó experientes, e registramos as coordenadas geográficas de 1.101 castanheiras adultas com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 60 cm. Plotando as coordenadas registradas para as castanheiras nas imagens SPOT, foi possível identificar castanheiras e castanhais devido ao padrão conspicuo produzido pelas copas de *B. excelsa* (Fig. 2). Esta análise forneceu informações detalhadas sobre a área e a distribuição dos castanhais, e permitiu a identificação de novos castanhais nos territórios das aldeias, os quais foram posteriormente verificados em campo. A área dos castanhais foi calculada com o programa ArcGIS (Johnston *et al.* 2001) e castanheiras localizadas a mais de

200 m de distância de outros indivíduos da mesma espécie foram consideradas como não pertencentes ao castanhal. Nós utilizamos as áreas de 62 castanhais visíveis nas imagens para calcular a área média dos castanhais para cada aldeia Kayapó.

Densidade de castanheiras nos castanhais

Em 21 castanhais (quatro no território de Kikretum, 12 no território de A'Ukre e cinco no território de Moikarakô), nós estimamos a densidade de indivíduos adultos de *B. excelsa* (DAP \geq 60 cm) em uma transeção linear cruzando cada castanhal. Nós medimos o DAP de todas as castanheiras adultas avistadas e registramos sua distância perpendicular a partir das transeções. As densidades foram estimadas pelo programa DISTANCE (Buckland *et al.* 2001). Quando o número de indivíduos detectados em algum dos castanhais foi menor do que o limite exigido para estimar as densidades pelo DISTANCE (normalmente menos de 30), nós corrigimos a densidade por um fator de correção calculado pelo DISTANCE utilizando as transeções de todos os castanhais agrupadas em uma mesma análise, com distância truncada em 30 m para cada lado da transeção. A esta distância, a probabilidade de detecção de indivíduos estimada pelo DISTANCE foi 1 e a distância de detecção média não foi diferente entre os castanhais (ANOVA: $F_{20,342} = 0,05$, $P = 0,58$).

Produção de frutos e sementes pelas castanheiras

A produção média de frutos pelos indivíduos adultos de *B. excelsa* foi obtida de Baider (2000), que estimou a produção de frutos em 48 castanheiras de dois castanhais localizados na Estação Ecológica do Pinkeiti (a 12 km da aldeia A'Ukre), por quatro anos consecutivos (1997-2000). De acordo com Baider (2000), o número médio estimado de frutos produzido anualmente por castanheira (\pm DP) foi $184,3 \pm 72,2$, variando de 103,2 frutos/árvore em anos de baixa produtividade a 269,5 frutos/árvore em anos de produtividade muito alta. O número médio de sementes por fruto foi estimado a partir da contagem de sementes em um total de 329 frutos de 22 castanheiras de sete castanhais diferentes localizados nas três aldeias Kayapó, nos anos de 2009 e 2010. O peso médio das sementes secas de *B. excelsa* foi obtido de Baider (2000), e corresponde a 13 g/semente.

Estoque de sementes de *B. excelsa*

Nós estimamos os estoques de sementes de *B. excelsa* nos castanhais explorados, nos territórios de cada uma das três aldeias Kayapó e nos territórios das três aldeias juntos. O

estoque de sementes nos castanhais (em toneladas) foi calculado como o produto da área média do castanhal para cada aldeia, da densidade média de castanheiras nos castanhais para cada aldeia, da produção média de frutos pelas castanheiras adultas, do número médio de sementes por fruto e do peso médio das sementes.

Proporção de sementes de *B. excelsa* coletadas dos castanhais explorados e da paisagem

As informações sobre o número e os nomes dos castanhais explorados nos territórios de cada uma das três aldeias Kayapó foram obtidas durante os mapeamentos participativos e as entrevistas com os Kayapó, e nos registros de coleta da AFP durante as safras de 2009 e 2010. A quantidade de sementes de *B. excelsa* (em toneladas) vendida por cada aldeia também foi obtida nestes registros. A quantidade de sementes de *B. excelsa* coletada para subsistência pelos Kayapó foi obtida a partir de informações sobre o número de sacas coletadas para o consumo da família, obtidas nas 98 entrevistas com os Kayapó das três aldeias. Nós calculamos a proporção de *B. excelsa* coletada nos castanhais explorados e na paisagem a partir da quantidade total de sementes coletadas pelos Kayapó para fins comerciais e de subsistência e das estimativas dos estoques de sementes de *B. excelsa*.

Proporção de frutos coletados de castanheiras

Nós contamos o número de frutos sob as copas de 65 castanheiras, incluindo aqueles abertos pelos Kayapó, os intactos e os abertos por cutias e outros predadores naturais, ao longo de transeções que cruzaram cinco castanhais da aldeia A'Ukre. Os Kayapó normalmente abrem os frutos coletados para acessarem as sementes embaixo ou logo ao lado da copa da castanheira da qual coletaram, permitindo a contagem dos frutos abertos em cada árvore individualmente. Os frutos foram contados em abril de 2010, após o final do período de coleta pelos Kayapó. Nós consideramos como exploradas apenas aquelas árvores que tiveram mais de cinco frutos abertos pelos Kayapó, já que os coletores freqüentemente abrem alguns frutos antes de coletarem para verificar o tamanho e a qualidade das sementes. Os dados foram coletados apenas para castanheiras cuja copa não se sobrepunha com a copa de outros indivíduos adultos da mesma espécie.

Resultados

Abundância, localização e uso dos castanhais pelos Kayapó

Juntando as informações obtidas nos mapeamentos participativos, nas entrevistas e nos registros de coleta, nós identificamos 117 castanhais conhecidos pelos Kayapó nos territórios das três aldeias, e quatro castanhais desconhecidos pelos Kayapó no território de A'Ukre, que foram encontrados por meio da análise de imagens de satélite. O território da aldeia de Kikretum possui 73 castanhais espalhados ao longo de ambas as margens dos Rios Fresco e Branco. A'Ukre possui 35 castanhais, em sua maioria localizados na margem direita do Rio Riozinho e cujo acesso é por terra. O território de Moikarakô tem 13 castanhais, espalhados em ambas as margens do Rio Riozinho. Apenas cerca de 30% dos castanhais detectados são explorados. Somente 25 dos 73 castanhais de Kikretum têm suas sementes coletadas, e estes são aqueles mais próximos à aldeia e às margens dos rios. No território de A'Ukre, apenas nove dos 35 castanhais são explorados frequentemente. Em Moikarakô, apenas quatro dos 13 castanhais são explorados, os quais são acessíveis pelo rio.

Áreas dos castanhais

Mais de 60 castanhais foram detectados nas imagens de satélite no território de Kikretum. No entanto, nesta aldeia, nem todos os castanhais são claramente definidos, o que restringiu nossas estimativas de suas áreas. A maioria dos castanhais de Kikretum é grande e sua borda é delimitada por áreas sujeitas à alagação. Nos territórios de A'Ukre e Moikarakô, os castanhais são menores e bem definidos. Devido a estas diferenças, nós calculamos áreas médias separadas para os castanhais de cada uma das aldeias. A área média dos castanhais (\pm DP) foi $181,7 \pm 179,7$ ha ($n = 24$) em Kikretum, $69,9 \pm 65,5$ ha ($n = 30$) em A'Ukre, e $87,0$ ha $\pm 115,3$ ($n = 8$) em Moikarakô. A área dos castanhais nos territórios das três aldeias variou de 5,4 a 840 ha.

Densidade de castanheiras nos castanhais

A densidade de castanheiras adultas ($DAP \geq 60$ cm) estimada pelas transeções lineares variou bastante entre os territórios das aldeias (min. = 1,0, máx. = 5,1 indivíduos ha^{-1}). Embora os castanhais de Kikretum sejam maiores, a densidade de castanheiras nos castanhais desta aldeia é menor do que nos das outras aldeias (média \pm DP; $1,7 \pm 0,6$ indivíduos ha^{-1} , $n = 4$). Os castanhais de A'Ukre têm as maiores densidades de castanheiras adultas ($3,5 \pm 1,2$ indivíduos ha^{-1} , $n = 12$), enquanto os castanhais de Moikarakô têm densidades intermediárias ($2,4 \pm 1,1$ indivíduos ha^{-1} , $n = 5$).

Produção de frutos e sementes pelas castanheiras

Considerando-se a produção média de 184,3 frutos/árvore estimada por Baider (2000), que o número médio de sementes por fruto foi $17,4 \pm 2,6$ e que o peso médio de cada semente seca é 13 g (Baider 2000), o número médio de sementes de *B. excelsa* produzida por castanheira anualmente é 3.207, o que corresponde a 41,7 kg de sementes. Em anos de baixa produtividade, esta produção cai para 1.796 sementes e 23,3 kg, e em anos de alta produtividade, pode alcançar 4.689 sementes e 61,0 kg.

Estoques de sementes de *Bertholletia excelsa* nos castanhais explorados e na paisagem

De acordo com nossas estimativas, em anos de baixa produtividade, o estoque total de sementes de *B. excelsa* nos territórios das três aldeias juntas foi de aproximadamente 791 t, variando de 64 a 519 t nos territórios das aldeias de Moikarakô e Kikretum, respectivamente. Em anos de alta produtividade, o estoque total alcançou cerca de 2.000 t, variando de 168 a 1.355 t, nos territórios de Moikarakô e Kikretum, respectivamente. Considerando-se apenas os castanhais explorados, o estoque de sementes em anos de baixa produtividade é cerca de 250 t, variando de 20 a 178 t em Moikarakô e Kikretum, respectivamente, enquanto em anos de alta produtividade, os castanhais explorados têm um estoque total de aproximadamente 655 t, variando de 52 a 464 t em Moikarakô e Kikretum (Tabela 1).

Quantidade de sementes de *B. excelsa* coletada pelos Kayapó

A quantidade de castanha coletada pelos Kayapó para fins comerciais parece ser proporcional à produtividade pelas castanheiras (Fig. 3). De acordo com os registros de coleta da AFP, a coleta de castanha para venda pode variar de zero ou quase zero, em anos de produção extremamente baixa e nos quais os coletores não consideram que vale a pena coletar para vender (como em 2008), a mais de 110 t em anos em que a produtividade é alta. No ano de 2009, considerado pelos Kayapó um ano de produção baixa a média, a quantidade total de sementes de *B. excelsa* coletada pelas três aldeias juntas foi 64,5 t (40,5 t em Kikretum, 15,2 t em A'Ukre e 8,8 t em Moikarakô). Em 2010, considerado pelos Kayapó um ano de alta produtividade, as aldeias venderam um total de 114,5 t (88,6 t em Kikretum, 16,9 t em A'Ukre e 9,0 t em Moikarakô).

As sementes de *B. excelsa* são um importante componente da dieta dos Kayapó e a coleta para subsistência é relativamente constante e mais independente da produtividade pelas castanheiras do que a coleta para fins comerciais (obs. pess.) (Fig. 3). A quantidade média de

sementes consumidas por cada família Kayapó anualmente (\pm DP) é $2,3 \pm 2,2$ sacas de cerca de 60 kg ($n = 80$). Considerando-se que o número médio de membros nas casas familiares dos Kayapó é nove e que Kikretum, A'Ukre e Moikarakô têm 839, 380 e 384 habitantes, respectivamente (dados obtidos da Fundação Nacional de Saúde em março de 2010), a quantidade total de castanha consumida anualmente para subsistência pelas três aldeias Kayapó é aproximadamente 25 t (12,9 t em Kikretum, 5,9 t em A'Ukre e 5,8 t em Moikarakô).

Proporção de sementes de *B. excelsa* coletada nos castanhais explorados e na paisagem

A proporção de sementes coletadas pelos Kayapó nos castanhais explorados para fins comerciais e de subsistência variou de 7,2% em Kikretum, em anos de baixa produtividade pelas castanheiras e de baixa intensidade de coleta, a 41,3% em Moikarakô, em anos de média produtividade e média intensidade de coleta. No ano de alta produtividade (2010), as porcentagens de sementes removidas foram menores para as aldeias de Moikarakô e A'Ukre (16,4 e 28,6% respectivamente) do que nos anos de produtividade e intensidade de coleta médias (2009 – 22,1 e 41,3%). Em Kikretum, quase o dobro de sementes foi coletado em 2010 em relação a 2009, porém isto representou apenas 21,9% do estoque local de sementes devido ao grande número de castanhais no território desta aldeia. No entanto, em anos de baixa produtividade, mesmo uma coleta de média intensidade pode resultar em uma grande proporção de coleta (quase 75% das sementes coletadas), especialmente no território de Moikarakô, que tem o menor número de castanhais. Em média, a proporção de castanha coletada do estoque total da paisagem foi pelo menos três vezes menor do que a proporção removida dos castanhais explorados pelos Kayapó. A proporção de castanha coletada na paisagem variou de 2,5%, em anos de baixa produtividade e baixa intensidade de coleta, a 12,7%, em anos de média produtividade e média intensidade de coleta, podendo atingir o máximo de 23% em anos de baixa produtividade e alta intensidade de coleta, uma situação que nunca foi registrada (Tabela 2).

Proporção de frutos de *B. excelsa* coletados nos castanhais e nas castanheiras

Em 2010, os Kayapó coletaram em média (\pm DP) em $52,7 \pm 23,6\%$ das castanheiras amostradas em cinco castanhais da aldeia A'Ukre ($n = 65$ árvores). Das castanheiras exploradas ($n = 34$), a porcentagem média de frutos coletados foi de $66,4 \pm 28,6\%$ de todos os

frutos encontrados abaixo da copa. Isto significa que aproximadamente 35% dos frutos dos castanhais visitados foram coletados neste ano (Fig. 4).

Discussão

Bertholletia excelsa é um importante produto extrativista que ocorre em grande parte das regiões amazônicas (Peres *et al.* 2003; Shepard & Ramirez 2011) e é coletado em populações naturais que geralmente estão inseridas em grandes áreas de floresta preservada (Clay 1997; Ortiz 2002; Wadt *et al.* 2008; Scoles 2010). Embora estudos tenham avaliado os impactos locais da coleta de sementes nas populações de *B. excelsa*, tanto os impactos da exploração como a conservação desta espécie em grandes áreas de floresta dependem de sua abundância em escalas mais amplas. Neste estudo, nós mostramos que mudar a escala de análise fornece perspectivas diferentes e informações importantes para se avaliar a sustentabilidade da coleta e para subsidiar o desenvolvimento de planos de manejo para as populações de *B. excelsa*.

A variabilidade observada nas características demográficas de *B. excelsa* dentro da TI Kayapó e em relação a outras regiões amazônicas é discutida em detalhes no capítulo 4. Aqui, iremos nos focar nos padrões de coleta de castanha pelas comunidades indígenas Kayapó.

Padrões de coleta de sementes de *B. excelsa* pelos Kayapó em diferentes escalas

Existem muitos castanhais nos territórios das aldeias Kayapó, porém apenas cerca de 30% deles são de fato explorados. Além da baixa proporção de castanhais explorados na paisagem, os Kayapó coletam apenas uma parte das sementes produzidas nos castanhais em que coletam (7,2% a 41,3%). A quantidade de sementes coletada pelos Kayapó depende da produtividade pelas castanheiras. No entanto, mesmo que os Kayapó coletassem a quantidade máxima de sementes observada nos últimos anos, em um ano de produtividade de sementes muito baixa, a proporção de coleta ainda estaria dentro dos limites sugeridos por Peters (1994) como aceitáveis e provavelmente não teria impactos negativos nas populações exploradas. Zuidema & Boot (2002), com base em um modelo de matriz populacional, concluíram que a coleta de 93% das sementes de *B. excelsa* é sustentável em uma localidade na Bolívia. Para espécies de palmeiras, estudos mostram que a coleta de 80-95% das sementes pode ser sustentável (Ticktin 2004). Nossos resultados indicam que a coleta de *B. excelsa* praticada

pelos Kayapó das três aldeias estudadas tem sido não intensiva em escala local e, especialmente, em escala de paisagem.

Os coletores Kayapó são seletivos em sua coleta nas escalas de paisagem, castanhais e castanheiras. Esta seleção pode ser intencional ou não intencional. No caso dos castanhais, eles geralmente preferem explorar os castanhais mais acessíveis, aqueles com as maiores densidades de castanheiras, e aqueles pertencentes à sua família ou ao cacique ao qual estão associados. No caso das castanheiras, eles normalmente selecionam aquelas mais próximas à trilha principal, aquelas com alta produção de frutos, as com sementes grandes, e as que não mostram sinal de predação por pica-paus. A seleção de frutos é, na maioria dos casos, não intencional. Os coletores Kayapó coletam o máximo que conseguem, exceto frutos escondidos, frutos que ainda não caíram ou frutos já abertos por predadores ou dispersores. O padrão resultante da coleta seletiva pelos Kayapó pode desempenhar um papel fundamental na regeneração dos castanhais. Uma das práticas de manejo mais sugeridas para espécies cujos frutos e sementes são coletados consiste em deixar uma porcentagem dos frutos/sementes intactos (Peters 1994). Como são seletivos, os Kayapó têm, não intencionalmente, feito isso.

A teoria da fonte-sumidouro propõe que áreas fonte dentro de uma população fornecem propágulos que sustentam a população de outras áreas (sumidouros) (Pulliam 1988; Dias 1996). Para *B. excelsa*, os modelos de fonte-sumidouro possivelmente não poderiam ser aplicados entre castanhais, já que a distância de dispersão das sementes de *B. excelsa* é, na maioria das vezes, limitada a poucas centenas de metros (Jorge & Peres 2005) e é muito menor do que a distância entre os castanhais. Mesmo em casos de dispersão de propágulos entre castanhais devido a eventuais eventos de dispersão a longa distância por cutias ou primatas, esta dispersão não seria suficiente para compensar as perdas devido à coleta. Em escalas locais, no entanto, a dinâmica de fonte-sumidouro pode ser um mecanismo que favorece a manutenção de um nível mínimo de recrutamento de *B. excelsa* nos castanhais explorados, já que sementes de árvores não coletadas podem ser dispersas para áreas onde o recrutamento foi reduzido devido à remoção de sementes pelos coletores.

A quantidade de semente coletada, a seletividade durante a coleta e, portanto, os potenciais impactos da coleta nas populações de *B. excelsa*, são influenciados pela demanda por sementes e pelo esforço dos coletores. Muitos fatores podem influenciar o esforço de coleta, incluindo a produtividade das castanheiras, os preços de mercado, a distância aos mercados consumidores e o acesso a políticas públicas que promovam a comercialização de

produtos florestais. No caso das aldeias de A'Ukre e Moikarakô, a quantidade de sementes coletadas é em parte limitada pela dificuldade e pelos custos de escoamento da produção. Possivelmente seja por isso que a quantidade de sementes coletadas nestas aldeias não variou conforme a produtividade pelas castanheiras nos anos de 2009 e 2010, como ocorreu em Kikretum. É provável que um aumento no preço de mercado da castanha seja seguido por um aumento no esforço de coleta pelos coletores. Além disso, um aumento na densidade populacional das comunidades Kayapó certamente resultaria em uma maior pressão de coleta de castanha, o que poderia afetar a sustentabilidade da coleta no território de Moikarakô, onde há poucos castanhais e os castanhais ainda inexplorados são distantes da aldeia. Já no caso de Kikretum, que é a aldeia mais próxima a sedes municipais e que possui maior dependência de atividades geradoras de renda, a produção comercial de castanha poderia ser aumentada. Nesta aldeia, apesar da grande quantidade de castanha comercializada, a proporção de sementes coletada do estoque total da floresta ainda é muito baixa (máx. 20%), e há diversos castanhais inexplorados.

Limitações para as estimativas de coleta

As estimativas da produção de frutos utilizadas por nós para calcular a proporção de sementes coletadas pelos Kayapó (Baider 2000) foram baseadas em castanheiras de apenas dois castanhais localizados na nossa área de estudo (que foram também amostrados por nós). No entanto, como a produção de frutos em outra localidade (Acre) apresenta correlação espacial (Kainer et al. 2007), é possível que a produção de frutos também varie entre castanhais dentro da TI Kayapó, o que poderia gerar erros nas nossas estimativas. Dados sobre a produção de frutos em diferentes castanhais de cada uma das três aldeias estudadas poderia possivelmente fornecer estimativas mais acuradas das proporções de sementes coletadas. Entretanto, todos os outros parâmetros foram estimados para cada aldeia, assim erros nas estimativas médias de produção por árvore teriam um efeito pequeno nas nossas estimativas da proporção de sementes coletadas.

Também é importante ressaltar que tanto as estimativas de Baider (2000) quanto as nossas estimativas de produção de frutos não consideraram frutos dispersos por cutias para áreas longe da planta-mãe, e conseqüentemente subestimaram a produção. Haugaasen et al. (2011) mostraram que a distância média de dispersão dos frutos de *B. excelsa* é cerca de 20 m a partir de sua localização original, mas em casos excepcionais pode chegar a 60 m. Além disso, as áreas dos castanhais estimadas pelas imagens de satélite também são subestimadas,

já que apenas os indivíduos maiores de *B. excelsa* são detectados nas imagens. Assim, nossas estimativas da produção de sementes são conservadoras e a proporção de coleta estimada provavelmente é menor do que a proporção real.

IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Nossos resultados mostram que os Kayapó coletam as sementes de *B. excelsa* de forma não-intensiva e seletiva, independente da escala considerada: paisagem, castanhais ou castanheiras. A coleta de castanha pelos Kayapó parece não apresentar impactos negativos nos castanhais explorados (ver capítulo 2). No entanto, mesmo que a coleta reduzisse o recrutamento de indivíduos nestes locais, apenas uma pequena proporção dos castanhais da TI Kayapó seria afetada, e a atividade extrativista, assim como a espécie, não estaria ameaçada na área. Além disso, já que muitos dos castanhais da área não são explorados, práticas de manejo como o revezamento de coleta entre diferentes castanhais, ou a expansão da coleta para outros castanhais associada à redução na intensidade de coleta, poderiam ser implementadas caso a superexploração levasse à redução no recrutamento. Se os níveis de coleta atuais não representam uma ameaça às populações de *B. excelsa*, o que parece ser o caso para os castanhais da TI Kayapó (capítulo 2), ainda há potencial para expandir a produção comercial de sementes em duas das três aldeias, já que a maioria dos castanhais da área são inexplorados. O uso de imagens de satélite torna possível o planejamento da localização das trilhas para facilitar o acesso aos castanhais inexplorados. O uso de apenas uma pequena fração dos castanhais da paisagem aumenta a chance de a exploração de sementes *B. excelsa* pelos Kayapó ser viável em longo prazo, enquanto a seletividade de árvores dentro dos castanhais e de frutos coletados sob cada castanheira reduzem potenciais impactos da coleta dentro dos castanhais.

Mais de 36% da Amazônia Legal brasileira encontra-se sob alguma forma de proteção que permite que atividades extrativistas sejam realizadas por populações tradicionais (Veríssimo *et al.* 2011), e muitas destas áreas estão dentro da distribuição geográfica de *B. excelsa*. Nós sugerimos que abordagens utilizando múltiplas escalas espaciais, como a que utilizamos aqui, sejam aplicadas em outras regiões da Amazônia ao se avaliar os impactos da coleta de sementes sobre as populações de *B. excelsa*, bem como sobre populações de outras espécies de PFNM. Estudos do impacto local, baseados em apenas um ou poucos castanhais, podem não fornecer informações suficientes para quantificar os impactos reais da coleta e de outras atividades humanas nas populações inteiras de uma espécie explorada. Em locais onde

a atividade extrativista parece representar uma ameaça à população explorada, estudos abordando diferentes escalas serão necessários para elaborar planos de manejo adequados e efetivos para proteger as espécies e os recursos dos quais as populações tradicionais dependem.

Agradecimentos

Nós agradecemos a todos os homens e mulheres Kayapó que nos receberam em suas aldeias e florestas, contribuíram com os mapeamentos participativos e entrevistas, e nos ajudaram nos castanhais. Agradecemos especialmente a Biribiri Kayapó, N.V. Sales, T. Hoorda, K. Kato e Okore Kayapó (*in memorium*) pela assistência de campo fundamental. Somos muito gratos ao SEAS-Guiane/IRD, por meio de J. F. Faure, por ceder as imagens de satélite SPOT; e a W. Spironello pela ajuda com o DISTANCE. Esta pesquisa foi financiada pelo Institut de Recherche Pour le Développement (IRD) e por bolsas concedidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Conservação Internacional do Brasil (CI-Brasil) e Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) / Gordon and Betty Moore Foundation. O suporte logístico foi fornecido pela Associação Floresta Protegida (AFP).

Referências

- Anderson, A.B. (1990) *Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, NY.
- Baider, C. (2000) *Demografia e ecologia de dispersão de frutos de Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & Thomas, L. (2001) *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford University Press, Oxford.
- Clay, J.W. (1997) Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. *Harvesting Wild Species – Implications for Biodiversity and Conservation* (ed C.H. Freese), pp. 246–282. John Hopkins University Press, Baltimore.

- Clement, C.R. (1999) Castanha-do-Pará. *Biodiversidade Amazônica: Exemplos e Estratégias de Utilização* (eds J.W. Clay, P.T.B. Sampaio & C.R. Clement), pp. 119-131. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, Manaus.
- 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.
- DHV (1993) *Estudios agro-ecologicos, forestales y socio-economicos en la region de la castaña de la Amazonia Boliviana*. Forest Resource Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort.
- Dias, P.C. (1996) Sources and sinks in population biology. *Trends in Ecology and Evolution*, **11(8)**, 326-330.
- Escobal, J. & Aldana, U. (2003) Are nontimber forest products the antidote to rainforest degradation? Brazil nut extraction in Madre de Dios, Peru. *World Development*, **31**, 1873-1887.
- Gaoue, O.G. & Ticktin, T. (2008) Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology*, **45**, 34-40.
- Gaoue, O.G. & Ticktin, T. (2010) Effects of harvest of nontimber forest products and ecological differences between sites on the demography of African Mahogany. *Conservation Biology*, **24**, 605–614.
- Gotelli, N.J. (2008) *A Primer of Ecology*, 4th edn. Sinauer Associates, Sunderland.
- Jerozolinski A. (2005) *Ecologia de populações silvestres dos jabutis Geochelone denticulata e G. carbonaria (Cryptodira: Testudinidae) no território da aldeia A'Ukre, TI Kayapó, sul do Pará*. Tese de Doutorado, University of São Paulo.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K. & Lucas, N. (2001) *Using ArcGIS Geostatistical Analysis*. ESRI, Redlands.
- Jorge, M.S.P. & Peres, C.A. (2005) Population density and home range size of red-rumped agoutis (*Dasyprocta leporina*) within and outside a natural Brazil nut stand in Southeastern Amazonia. *Biotropica*, **37(2)**, 317-321.
- Kainer, K.A., Duryea, M.L., Macedo, N.C. & Williams, K. (1998) Brazil nut seedling establishment and autecology in Extractive reserves of Acre, Brazil. *Ecological Applications*, **8(2)**, 397-410.

- Kainer, K.A., Malavasi, M.M., Duryea, M.L. & Silva, E.R. (1999) Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbibition and germination. *Seed Science and Technology*, **27**, 731-745.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O., Gomes-Silva, D.A.P. & Capanu, M. (2006) Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology*, **22**, 147-154.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O. & Staudhammer, C.L. (2007) Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, **250**, 244-255.
- Levin, S.A. (1992) The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, **73**, 1943-1967.
- Maués, M.M. (2002) Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. - Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature* (eds P. Kevan & V.L.I. Fonseca), pp. 245-254. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Mori, S.A. & Prance, G.T. (1990) Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany*, **8**, 130-150.
- Mori, S.A. (1992) The Brazil nut industry – past, present and future. *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products* (eds M. Plotkin & L. Farmocare), pp. 241-251. Island Press, Washington.
- Myers, G., Newton, A.C. & Melgarejo, O. (2000) The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, **127**, 119-128.
- Nakazono, E.M., Bruna, E.M. & Mesquita, R.C.G. (2004) Experimental harvesting of the non-timber forest product *Ischnosiphon polyphyllus* in central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, **190**, 219-225.
- Nepstad, D.C., & Schwartzman, S. (1992) *Non-Timber Products from Tropical Forests: Evaluation of a Conservation and Development Strategy*. The New York Botanical Garden, New York.
- Ortiz, E.G. (2002) Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products* (eds P. Shanley, A.R. Pierce, S.A. Laird & S.A. Guillen), pp. 61-74. Earthscan: London.

- Peres, C.A. & Baider, C. (1997) Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, **13**, 595-616.
- Peres, C.A., Schiesari, L.C. & Dias-Leme, C.L. (1997). Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, **13**, 69-79.
- 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. (1994) *Sustainable Harvest of Non-timber Plant Resources in Tropical Moist Forest: An Ecological Primer*. Biodiversity support program, Washington, DC.
- Peterson, D.L. & Parker, V.T. (1998). *Ecological Scale*. Colombia University Press, New York.
- Pulliam, H.R. (1988) Sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist*, **132**(5), 652-661.
- Richards, M. (1993) The potential of non-timber forest products in sustainable natural forest management in Amazonia. *Commonwealth Forestry Review*, **72**, 21-27.
- Robert, P. (2009) Del pi y-kô al bosque certificado: los varios caminos de la castaña. *Anuario Americanista Europeo*, **6-7**, 563-581.
- Scoles, R. (2010) *Ecologia e extrativismo da castanheira (Bertholletia excelsa, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- 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.
- Ticktin, T., Nantel, P., Ramirez, F. & Johns, T. (2002) Effect of variation on harvest limits for nontimber forest species in Mexico. *Conservation Biology*, **16**, 691-705.
- Ticktin, T. (2004) The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, **41**, 11-21.

- Tuck Haugaasen, J.M., Haugaasen T., Peres, C.A., Gribel, R. & Wegge, P. (2010) Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, **26**(3), 251-262.
- Tuck Haugaasen, J.M., Haugaasen T., Peres, C.A., Gribel, R. & Wegge, P. (2011) Fruit Removal and Natural Seed Dispersal of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica*. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2011.00796.x
- Veríssimo, A., Rolla, A., Ribeiro, M.B. & Salomão, R. (2011) Áreas protegidas na Amazônia Legal. *Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: Avanços e Desafios* (eds A. Veríssimo, A. Rolla, M. Vedoveto & S.M. Futada), pp. 15-17. Imazon, Belém.
- Vieira, S., Trumbore, S., Camargo, P.B., Selhorst, D., Chambers, J.Q. & Higuchi, N. (2005) Slow growth rates of amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**, 18502-18507.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A. & Gomes-Silva, D.A.P. (2005) Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, **211**, 371-384.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Staudhammer, C.L. & Serrano, R.O.P. (2008) Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation*, **141**, 332-346.
- 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.

Tabela 1. Estoque estimado de sementes de *B. excelsa* em castanhais explorados e nos territórios das aldeias Kayapó Kikretum, A'Ukre e Moikarakô, sudeste da Amazônia, para anos de baixa, média e alta produção de castanha pelas castanheiras. KKT = Kikretum, AUK = A'Ukre, e MKK = Moikarakô.

	CASTANHAIS EXPLORADOS			
	KKT	AUK	MKK	Total
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – baixa produtividade	177,7	53,5	19,8	250,9
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – média produtividade	317,3	95,5	35,4	448,1
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – alta produtividade	463,9	139,6	51,7	655,3
	TERRITÓRIO (PAISAGEM)			
	KKT	AUK	MKK	Total
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – baixa produtividade	518,8	207,9	64,4	791,1
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – média produtividade	926,4	371,3	115,0	1412,7
Estoque de sementes de <i>B. excelsa</i> (t) – alta produtividade	1354,6	542,9	168,2	2065,7

Tabela 2. Proporção estimada de sementes de *B. excelsa* coletadas dos castanhais explorados e dos territórios das aldeias Kayapó Kikretum, A'Ukre e Moikarakô, sudeste da Amazônia, em anos de baixa, média e alta produtividade pelas castanheiras e sob baixa, média e alta intensidade de coleta. Valores marcados com asteriscos são as proporções de castanha coletada de acordo com registros da produção comercial de 2008, 2009 e 2010 e informações sobre a coleta para subsistência obtidas a partir de entrevistas com os Kayapó. Valores sem asterisco são os valores estimados caso os Kayapó não ajustassem a intensidade de coleta à produtividade das castanheiras. KKT = Kikretum, AUK = A'Ukre, e MKK = Moikarakô.

	2008 - Baixa intensidade de coleta				2009 - Média intensidade de coleta				2010 - Alta intensidade de coleta			
	KKT	AUK	MKK	Total	KKT	AUK	MKK	Total	KKT	AUK	MKK	Total
CASTANHAIS EXPLORADOS												
% de coleta - ano de baixa produtividade	7,2*	11,0*	29,4*	9,8*	30,0	39,4	73,8	35,5	57,1	42,7	74,7	55,4
% de coleta - ano de média produtividade	4,1	6,2	16,5	5,5	16,8*	22,1*	41,3*	19,9*	32,0	23,9	41,8	31,0
% de coleta - ano de alta produtividade	2,8	4,2	11,3	3,8	11,5	15,1	28,3	13,6	21,9*	16,4*	28,6*	21,2*
TERRITÓRIO (PAISAGEM)												
% de coleta - ano de baixa produtividade	2,5*	2,8*	9,0*	3,1*	10,3	10,1	22,7	11,3	19,6	11,0	23,0	17,6
% de coleta - ano de média produtividade	1,4	1,6	5,1	1,7	5,8*	5,7*	12,7*	6,3*	11,0	6,2	12,9	9,8
% de coleta - ano de alta produtividade	0,9	1,1	3,5	1,2	3,9	3,9	8,7	4,3	7,5*	4,2*	8,8*	6,7*

Legendas das Figuras

Fig. 1. Localização da área de estudo e das aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil .

Fig. 2. Castanhal identificado na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia, em uma imagem pancromática SPOT 5 HRG obtida em 04/06/2006. Copyright CNES. Fonte: SEAS Guyane, projeto 0042-IRDUR169. Distribuição comercial exclusiva Spotimage AS.

Fig. 3. Quantidade total em toneladas de castanha coletada para comercialização e para subsistência pelos Kayapó das aldeias A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, sudeste da Amazônia, e estoque estimado de castanha nos castanhais explorados e nos territórios destas aldeias, nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Fig. 4. Porcentagem de castanheiras exploradas nos castanhais (C/C), porcentagem média de frutos coletados nas árvores exploradas (F/A), e porcentagem de frutos coletados no castanhal (F/C), em cinco castanhais localizados no território da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. Os símbolos representam os cinco diferentes castanhais.

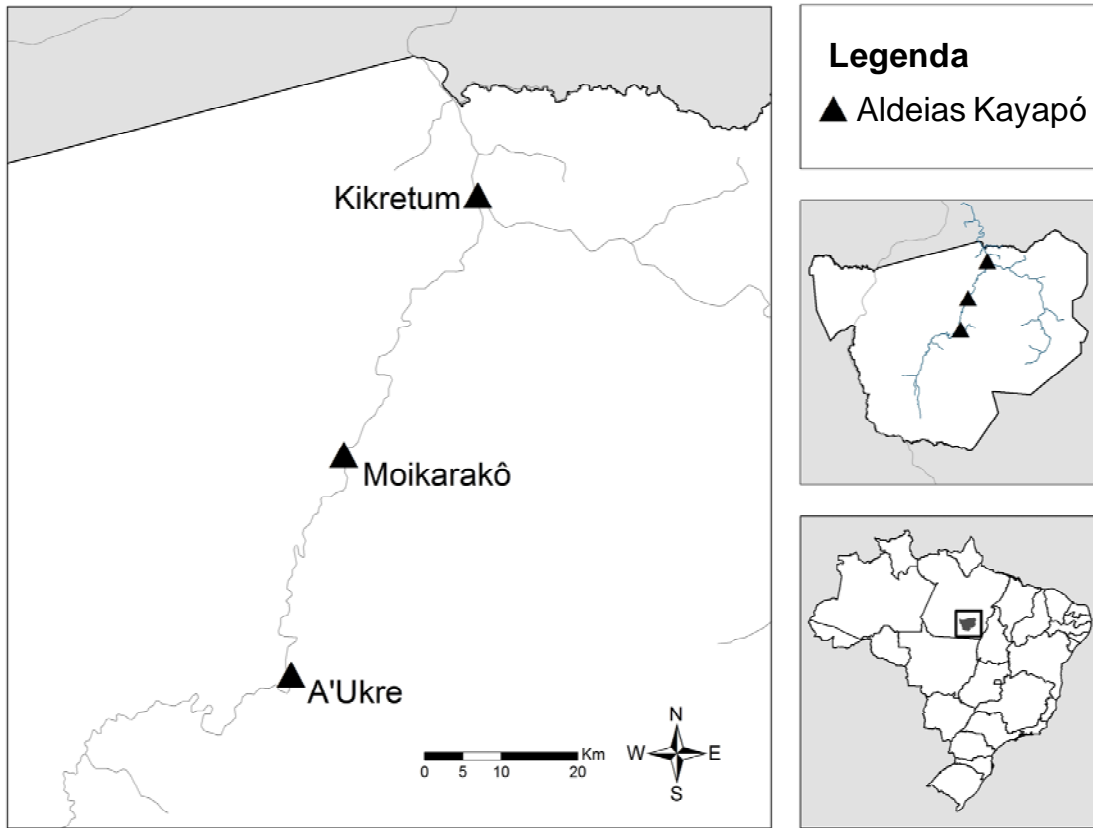


Fig. 1.

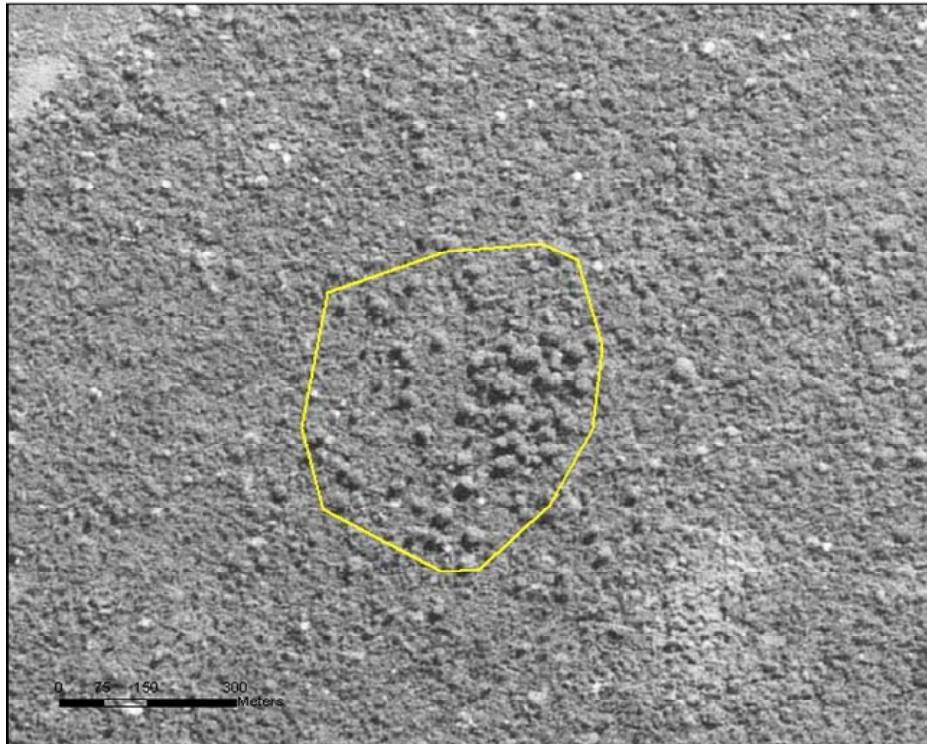


Fig. 2.

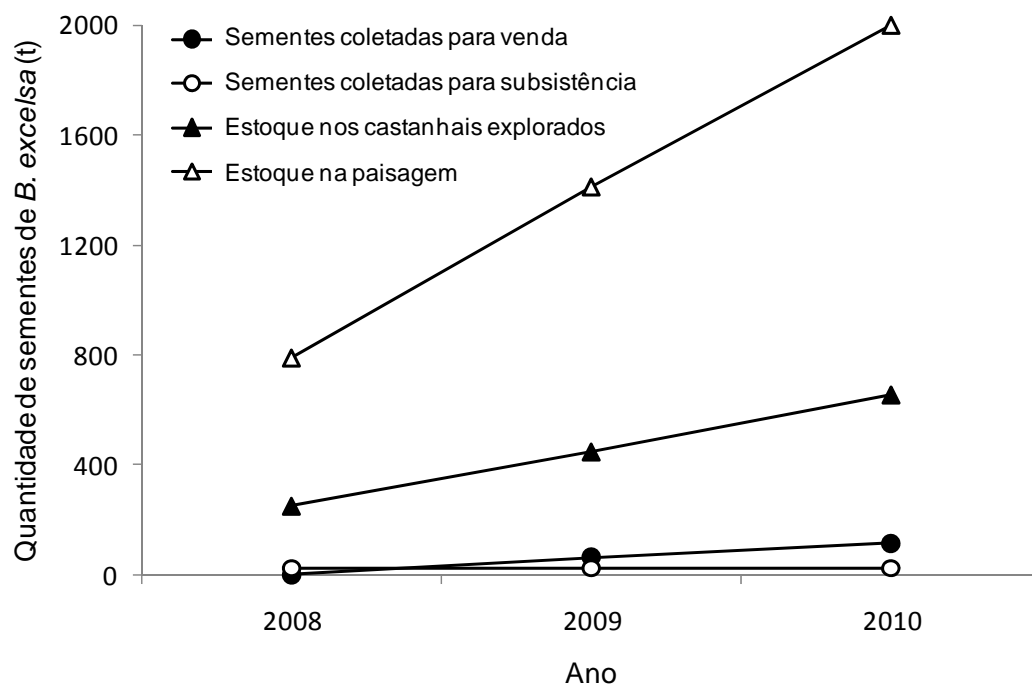


Fig. 3.

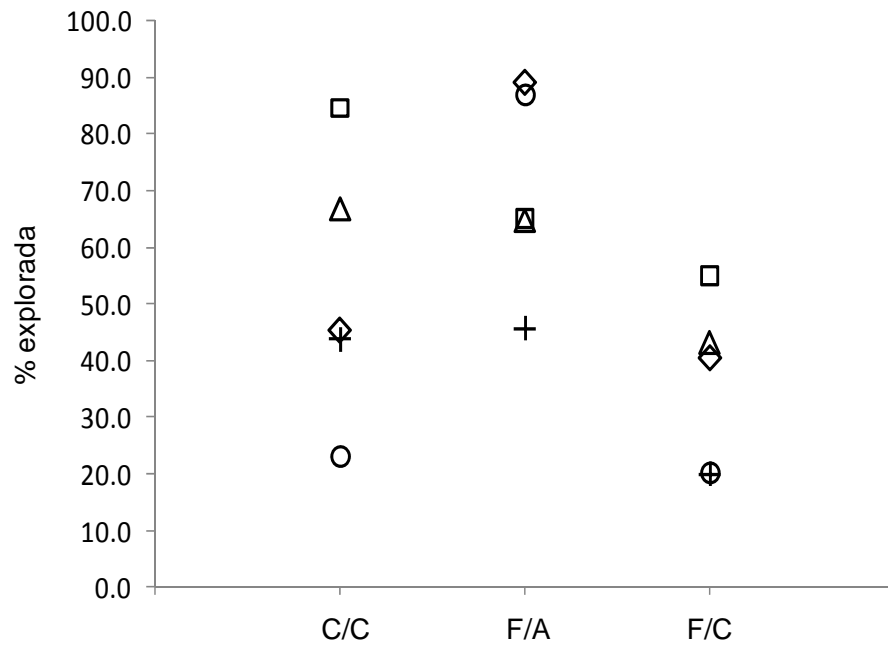


Fig. 4.

Capítulo 2

Ribeiro, M.B.N., Jerozolinski, A., Robert, P., Pimentel, T.P. & Magnusson, W.E. Harvesting by Indigenous people enhances Brazil-nut seedling density in southeastern Amazonia Manuscrito formatado para *Biological Conservation*.

Coleta de castanha-da-Amazônia pelos Índios Kayapó aumenta a densidade de plântulas no sudeste da Amazônia

Maria Beatriz N. Ribeiro ^{a,b,*}, Adriano Jerzolimski ^c, Pascale de Robert ^{d,e}, Tania P. Pimentel ^f, William E. Magnusson ^b

^a Programa de pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.

^b Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.

^c Associação Floresta Protegida (AFP), Rua do Café, 201, Setor Morumbi, 68385-000, Tucumã, PA, Brasil.

^d Institut de Recherche pour le Développement (IRD), CP 7091, Lago Sul, 71619-971, Brasília, DF, Brasil.

^e Coordenação de Ciências Humanas, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil.

^f Laboratório Temático de Solos e Plantas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Av. André Araújo, 2936, Aleixo, 69011-970, Manaus, AM, Brasil.

* Autor para correspondência - Endereço: Programa de pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69011-970 Manaus, Amazonas, Brasil.

E-mail: ribeiro.mbn@gmail.com / maria.beatriz@inpa.gov.br

RESUMO

A castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*) é um dos produtos florestais não-madeireiros (PFNM) mais importantes na Floresta Amazônica e milhares de famílias locais dependem de sua coleta e comercialização para sua sobrevivência. Embora haja fortes evidências de que o manejo por populações indígenas no passado tenha contribuído significativamente para a distribuição atual da castanha ao longo da Amazônia, estudos indicam que os níveis atuais de coleta podem reduzir o recrutamento de indivíduos nos castanhais e que populações de castanha intensamente exploradas estão ameaçadas. Neste estudo mostramos que a coleta de castanhas para fins de subsistência e comercial por um grupo indígena amazônico não apenas não reduz o recrutamento de plântulas, mas também que a coleta e/ou atividades a ela associadas conduzidas pelos coletores beneficiam as populações de castanha. Contrariamente ao esperado, o número de anos de coleta de castanha pelos Índios Kayapó do sudeste da Amazônia durante as duas últimas décadas foi positivamente relacionado à densidade de plântulas nos castanhais. Um dos mecanismos por trás da alta densidade de plântulas em castanhais explorados parece ser a dispersão de sementes pelos Kayapó ao longo de trilhas. Os Kayapó também plantam intencionalmente castanha ao longo de seu vasto território, o que pode favorecer as populações de castanheiras além dos limites dos castanhais. Nosso estudo mostra que a interação entre a coleta de baixa intensidade e o manejo intencional ou não intencional da castanha pelos coletores Kayapó parece afetar positivamente as populações de castanheiras, ao invés de ameaçá-las. Além de contribuir para o entendimento da sustentabilidade da coleta de baixa intensidade de castanha na Amazônia, ele indica que, em muitas áreas, o manejo e possíveis restrições à coleta por populações tradicionais são desnecessários e podem ser contraprodutivos.

ABSTRACT

Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) is one of the most important non-timber forest products (NTFP) in the Amazon Forest and the livelihoods of thousands of traditional Amazonian families depend on its harvesting and commercialization. Although there is strong evidence that past human management has significantly contributed to the present distribution of Brazil nut across the Amazon, it has been suggested that current seed harvesting may reduce recruitment of individuals and that intensively harvested Brazil-nut populations are threatened. Here we show not only that subsistence and commercial harvesting of Brazil nuts by an Amazonian indigenous group does not reduce recruitment of seedlings, but that harvesting and/or associated activities conducted by harvesters benefit Brazil-nut populations. Contrary to expectations, we found that the number of years of Brazil-nut seed harvesting by the Kayapó people of Southeastern Amazonia over the past two decades was positively related to seedling density in Brazil-nut groves. One of the mechanisms behind the higher seedling density in harvested sites seems to be seed dispersal by the Kayapó along trails. The Kayapó also intentionally plant Brazil-nut seedlings across their vast territories, which may favor Brazil-nut populations beyond grove borders. Our study shows that the interaction of low intensity harvesting and intentional or unintentional management of Brazil nut may positively affect Brazil-nut populations, rather than threatening them. Besides contributing to the understanding of the sustainability of low-intensity Brazil-nut harvesting in the Amazon, it indicates that, in many areas, management and possible restrictions on Brazil-nut seed collection by traditional people are unnecessary and may be counterproductive.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*, dispersão de sementes, floresta Amazônica, Kayapó, PFTM.

1. Introdução

As estratégias para a conservação das Florestas Tropicais em todo o mundo têm sido um tema central em pesquisas científicas e políticas públicas nas últimas décadas (Fearnside, 2005; Laurance, 2005; Soares-Filho et al., 2006; Vermeulen e Sheil, 2007; Wright, 2010). Uma das alternativas mais frequentemente sugeridas para conciliar conservação e desenvolvimento nas Florestas Tropicais é a comercialização de produtos florestais não-madeireiros (PFNM; Anderson, 1990; Nepstad e Schwartzman, 1992; Richards, 1993; Clay, 1997; Shanley et al., 2002). Na Floresta Amazônica, a castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*) é o principal PFNM, o qual é coletado quase que exclusivamente de populações selvagens (Clay, 1997). As sementes da castanha-da-Amazônia (castanhas) têm sido utilizadas para subsistência por comunidades indígenas por milhares de anos (Roosevelt, 1996; Clement, 1999; Shepard Jr. e Ramirez, 2011) e há evidências crescentes de que os humanos foram importantes agentes dispersores desta espécie no passado (Ducke, 1946; Balée, 1989; Scoles e Gribel, 2011; Shepard Jr. e Ramirez, 2011). A ocorrência de castanhais em diversas regiões da Amazônia está associada a manchas de solo antropogênico (terra preta de índio; Balée, 1989; Clement et al., 2003) e o recrutamento de castanheiras é favorecido em áreas perturbadas e roças (Cotta et al., 2008; Scoles, 2010; Shepard Jr. e Ramirez, 2011). Além disso, evidências genéticas e linguísticas sugerem uma dispersão recente desta espécie ao longo da Bacia Amazônica (Buckley et al., 1988; Kanashiro et al., 1997; Gribel et al., 2007; Shepard Jr. e Ramirez, 2011), a qual não poderia ser explicada somente pela atividade de dispersores naturais. Scoles e Gribel (2011) mostraram que populações de castanha-da-Amazônia são mais jovens em áreas com ocupação humana pré e pós-colonial mais intensa, sugerindo que as perturbações antropogênicas favorecem o recrutamento de castanheiras.

Apesar de o provável mutualismo entre humanos e a castanha-da-Amazônia no passado, atualmente a exploração comercial de castanhas pode ameaçar as populações de castanheiras na Bacia Amazônica devido à limitação no recrutamento de indivíduos (Peres et al., 2003). A comercialização de castanha é uma atividade econômica crucial para muitas comunidades indígenas e ribeirinhas da região amazônica e é uma das alternativas mais promissoras às atividades econômicas ilegais e predatórias (Clay, 1997). Se a coleta de castanha conduzida por populações tradicionais, a qual é em muitos casos não intensiva (Wadt et al., 2008; capítulo 1), também comprometer o recrutamento de indivíduos de castanheiras, as já limitadas possibilidades de que a floresta seja explorada sustentavelmente

serão substancialmente reduzidas. Além disso, grande parte da coleta de castanha na Amazônia é realizada por indígenas ou outras populações tradicionais que podem estar manejando as populações de castanheiras (Posey, 1985; Anderson e Posey, 1989; Pereira, 1994). O conhecimento e o manejo tradicionais podem contribuir de diversas maneiras para a conservação e para o uso sustentável dos recursos naturais das florestas (Posey, 1985; Gadgil et al., 1993; Pereira, 1994; Berkes et al., 2000).

A comercialização de castanha representa uma das fontes de renda mais importantes para diversas comunidades Kayapó, as quais são responsáveis pela proteção da maior área de floresta do sudeste da Amazônia. Os Kayapó são um grupo indígena periodicamente seminômade, pertencente ao tronco linguístico macro-Jê, família linguística Jê (Turner, 1992) e são conhecidos por manejarem muitos dos recursos naturais das áreas em que vivem (Posey, 1985; Anderson e Posey, 1989). Habitam um território de aproximadamente 13 milhões de hectares, em ambas as margens do Rio Xingu (Ricardo e Ricardo, 2006). Durante as décadas de 1980 e 1990, os Kayapó estiveram envolvidos com atividades ilegais e predatórias como, por exemplo, a mineração de ouro e a exploração de mogno (Schwartzman e Zimmerman, 2005). Na última década, no entanto, muitas aldeias Kayapó têm buscado alternativas econômicas sustentáveis, e a comercialização de castanha é uma das opções mais promissoras.

Nós avaliamos o impacto da coleta de castanhas pelos Kayapó no recrutamento de plântulas em 20 castanhais sujeitos a diferentes intensidades de exploração no sudeste da Amazônia. Especificamente, investigamos se a quantidade de castanha coletada e o número de anos de coleta praticada pelos Kayapó afetam a densidade de plântulas nos castanhais. Para ajudar a explicar os mecanismos pelos quais os Kayapó interferem no recrutamento de plântulas nos castanhais, investigamos se os Kayapó efetivamente dispersam castanhas ao longo de trilhas usadas para transportar castanhas; se as taxas de crescimento e mortalidade de plântulas são diferentes em trilhas e distante de trilhas; e se os Kayapó intencionalmente plantam sementes e plântulas de castanha em seu território.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

Nós conduzimos nosso estudo nos territórios de três aldeias Kayapó - A'Ukre (07°41'43''S, 51°52'53''W), Moikarakô (07°26'11''S, 51°48'57''W) e Kikretum

(07°08'17''S, 51°39'26''W), localizadas ao longo dos Rios Riozinho e Fresco, que são afluentes de segunda e primeira ordem do Rio Xingu, respectivamente. As três aldeias estão localizadas na Terra Indígena Kayapó, uma reserva de 3,284 milhões de hectares localizada no sul do Estado do Pará, em uma região de transição entre a Floresta Amazônica e o cerrado do Brasil central (Fig. 1). Junto com outras Terras Indígenas e Unidades de Conservação contíguas, a Terra Indígena Kayapó faz parte de um corredor de biodiversidade no sudeste Amazônico e é considerada uma área prioritária para conservação, já que muitas espécies de fauna e flora ameaçadas ocorrem dentro dela (Zimmerman et al., 2001; Peres e Nascimento, 2006).

Os Kayapó tradicionalmente coletam castanha para sua subsistência, e a relação próxima entre este grupo e a castanha é um tema recorrente em seus mitos, histórias e no presente (Robert, 2009). As aldeias de Kikretum, A'Ukre e Moikarakô foram fundadas em 1976, 1978 e 1996, respectivamente, e hoje a grande maioria de suas famílias está envolvida na coleta de castanha para subsistência e comercialização. A'Ukre produziu óleo de castanha para a empresa de cosméticos “*The Body Shop*” entre 1991 e 2003, e tem comercializado castanha bruta esporadicamente no mercado local. Kikretum tem comercializado castanha bruta constantemente no mercado local devido à sua maior proximidade aos municípios de Ourilândia do Norte e São Félix do Xingu, exceto durante o período de exploração de madeira entre o final dos anos 80 e 2002. Moikarakô tem vendido castanha bruta para o mercado local apenas nos últimos anos. Desde 2005, as três comunidades estão envolvidas em uma iniciativa de certificação e comércio de castanha liderada pela Associação Floresta Protegida (AFP), uma organização indígena local sem fins lucrativos.

2.2. Espécie estudada

As castanheiras estão entre as árvores maiores e mais longevas da Floresta Amazônica, podendo alcançar 50 m de altura, mais de 5 m de diâmetro à altura do peito (DAP; Mori e Prance, 1990), e viver cerca de 1.000 anos (Vieira et al., 2005). A castanha-da-Amazônia ocorre em florestas não inundáveis ou de *terra firme* do Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas, sendo mais abundante no centro, sul e leste da Amazônia brasileira, no norte da Bolívia e no sul do Peru (Ortiz, 2002; Peres et al., 2003). As castanheiras normalmente ocorrem em aglomerados de 50 a mais de 300 indivíduos (Mori e Prance, 1990; Peres e Baidier, 1997), embora elas possam estar distribuídas de forma não agregada e com densidades relativamente baixas em algumas áreas (Wadt et al., 2005). Na

área deste estudo, os castanhais são normalmente bem definidos e variam muito em sua área (5 a \approx 800 ha), densidade de castanheiras (1 a 5,1 indivíduos $>$ 60 cm DAP /ha), e abundância de castanheiras (20 a \approx 800 indivíduos/castanhal; capítulo 4). A polinização depende de poucas espécies de abelhas de médio a grande porte (Maués, 2002). A produção média de frutos da castanheira varia normalmente entre 60 e 180 por árvore (Baider, 2000; Zuidema e Boot, 2002; Kainer et al., 2007). Os frutos são globosos e extremamente duros, caem no chão durante a estação chuvosa e contém de 10 a 30 sementes (Baider, 2000). Além dos humanos, apenas algumas poucas espécies conseguem abrir os frutos maduros das castanheiras, incluindo cutias, esquilos, pequenos roedores e primatas (Baider, 2000). As cutias normalmente são os principais predadores e dispersores das castanhas (Baider, 2000; Tuck Haugaasen et al., 2010). O recrutamento e o crescimento das castanheiras jovens ocorre com maior frequência em áreas abertas, como as clareiras naturais (Myers et al., 2000) e roças (Cotta et al., 2008; Scoles, 2010).

2.3. Impactos da coleta de castanha para o recrutamento de plântulas nos castanhais

Nós avaliamos os impactos da coleta de castanha na regeneração de castanheiras em 20 castanhais com diferentes históricos de coleta localizados nos territórios das aldeias Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, incluindo cinco castanhais não explorados. Estimamos a densidade de plântulas de castanhas estabelecidas e de castanheiras adultas por meio do programa DISTANCE 6.0 (Buckland et al., 2001), a partir de uma transeção cruzando cada castanhal. Quando o número de indivíduos detectados foi menor do que 30, nós corrigimos a densidade por um fator de correção calculado pelo DISTANCE utilizando as transeções de todos os castanhais juntos em uma mesma análise, com distâncias de detecção truncadas em 2 m e 30 m para cada lado da transeção, para plântulas e adultos, respectivamente. A estas distâncias, a probabilidade de detecção de indivíduos calculada através do DISTANCE foi de 100% e a distância média de detecção não foi diferente entre as transeções ($F_{19,101}=1,002$, $mq=0,318$, $p=0,466$ para plântulas; $F_{19,332}=0,051$, $mq=78,411$, $p=0,539$ para adultos). Nós consideramos “plântulas estabelecidas” aquelas com 30 a 150 cm de altura, já que as taxas e sobrevivência para plântulas menores do que 30 cm são extremamente baixas (M.B.N.R., dados não publicados). As castanheiras adultas são aquelas com mais de 60 cm de DAP, já que as castanheiras na área de estudo começam a produzir frutos com aproximadamente este diâmetro (Baider, 2000; M.B.N.R., dados não publicados). Definimos o tamanho dos castanhais e a localização das transeções com auxílio do programa

ArcGIS (Johnston et al., 2001) a partir de imagens de satélite pancromáticas SPOT 5 HRG com resolução de 2,5 m e de imagens multiespectrais SPOT 5 HRG com resolução de 10 m (capítulo 1). As imagens SPOT também nos permitiram identificar castanhais isolados e não-explorados nos territórios das aldeias. Para controlar os efeitos da fertilidade do solo na densidade de plântulas de castanha, nós coletamos uma amostra composta de solo (1-20 cm de profundidade) no centro de cada castanhal. As análises de solo foram conduzidas no Laboratório de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), de acordo com procedimentos padrões (Embrapa, 1997). A soma das bases Ca, Mg e K (cmolc/kg) foi utilizada como parâmetro indicativo da fertilidade do solo.

Nós estimamos a intensidade de coleta de castanha em cada castanhal a partir de informações sobre a quantidade coletada pelos Kayapó nos últimos anos para comercialização; do índice de relevância S de Smith, o qual reflete a importância de cada castanhal para os coletores Kayapó; e do número de anos de coleta comercial praticada em cada castanhal nos últimos 20 anos. Vinte anos é o tempo aproximado no qual as plântulas devem atingir a altura de 150 cm, com base em um estudo do crescimento de 139 plântulas por um período de dois anos em 12 castanhais na Terra Indígena Kayapó (a taxa de crescimento médio das plântulas incluindo rebrotamento após danos causados por galhos caídos foi 6,3 cm/ano, DP = 10.5; M.B.N.R., dados não publicados). As informações sobre a quantidade de castanha coletada nos últimos anos pelos Kayapó foram obtidas através dos registros de coleta da AFP para os anos de 2008/09 e 2009/10, os quais apresentam informações sobre o número de sacas coletadas por cada coletor Kayapó em cada castanhal. O índice de relevância psicológica S de Smith considera tanto a classificação como a frequência de citações de um item em listagens livres (*free listings*; Smith, 1993; Quinlan, 2005). Durante entrevistas semi-estruturadas com 37, 32 e 29 Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, respectivamente, conduzimos listagens livres dos castanhais existentes nos territórios de cada uma destas aldeias. Nas entrevistas, pedimos aos Kayapó para que citassem os castanhais de suas respectivas aldeias. Todas as entrevistas foram conduzidas entre Outubro de 2007 e Fevereiro de 2009 na língua Kayapó, com o auxílio de um tradutor Kayapó (detalhes das entrevistas encontram-se no Apêndice 1). O índice S de Smith teve uma alta correlação com a quantidade de castanha coletada nos castanhais ($R^2 = 0.67$, $F_{1,18} = 36.7$, $p < 0.001$), e portanto foi excluído da análise para evitar colinearidade. No entanto, esta alta correlação indicou que os dados de coleta comercial recente pelos Kayapó refletem a coleta no passado. Nós estimamos o número de anos de coleta comercial nas últimas duas décadas a

partir de informações históricas obtidas em entrevistas semi-estruturadas com os coletores Kayapó, com organizações Kayapó e com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI). Os dados obtidos para cada castanhal estão resumidos na Tabela 1.

Nós utilizamos regressão múltipla para testar o efeito da quantidade de castanha coletada, do número de anos de coleta, da área do castanhal, da fertilidade do solo e da densidade de castanheiras adultas na densidade de plântulas estabelecidas. Nossa avaliação foi conduzida em uma única área geográfica, com condições climáticas similares, de modo que a pluviosidade e a temperatura não devem confundir nossa interpretação sobre os efeitos da coleta no estabelecimento de plântulas.

2.4. Manejo da castanha pelos Kayapó

Para determinar a quantidade e a frequência de castanhas dispersas pelos Kayapó ao longo de trilhas, acompanhamos a coleta de castanha por 60 coletores de 36 famílias diferentes nas três aldeias Kayapó, por 19 dias, em 2009 e 2010. Para testar se a dispersão de sementes pelos Kayapó aumenta a densidade de plântulas de castanha ao longo das trilhas, comparamos as densidades de plântulas estabelecidas em transeções ao longo das três principais trilhas utilizadas para transportar castanhas dos castanhais para a aldeia A'Ukre, com as densidades em transeções paralelas às trilhas e distantes 100 m delas. Contamos o número de plântulas estabelecidas a, no máximo, dois metros para cada lado da transeção. As transeções foram estabelecidas apenas em florestas maduras e foram iniciadas 200 m a partir do início do castanhal em direção à aldeia. O tamanho das transeções variou de 700 a 1000 m de comprimento, que foi a distância máxima entre os castanhais e as roças ao redor da aldeia ou o rio. Testamos se as taxas de crescimento e de mortalidade de plântulas eram diferentes entre trilhas e longe de trilhas a partir de um estudo demográfico de dois anos (2008-2010) com 138 plântulas de 30 a 150 cm de altura (70 próximas a trilhas e 68 distante de trilhas) em oito castanhais nas três aldeias Kayapó estudadas. Utilizamos testes t pareados para comparar a densidade, o crescimento e a mortalidade de plântulas perto e distante de trilhas.

Para investigar se os Kayapó plantam sementes e plântulas de castanha, nós conduzimos entrevistas com os Kayapó e levantamentos de castanheiras nas aldeias. Durante as entrevistas semi-estruturadas, perguntamos aos Kayapó se eles plantaram ou sabiam de ancestrais ou parentes mais velhos que plantaram castanheiras. Os levantamentos de indivíduos de castanha, os quais foram realizados em um dia, foram conduzidos na área central e nos quintais das casas de cada aldeia, que estão distantes pelo menos 2 km do

castanhal mais próximo. As roças e florestas secundárias ao redor das aldeias não foram verificadas.

3. Resultados

3.1. Impactos da coleta de sementes no recrutamento de plântulas de castanheira

Houve um forte efeito positivo do número de anos de coleta de castanha no recrutamento de plântulas ($R^2 = 0,576$, $F_{5,14} = 3,81$, $p = 0,022$), apesar das perdas de sementes devido à coleta. O modelo de regressão múltipla relacionando a densidade de plântulas estabelecidas por ha (DP) à quantidade de castanha coletada em toneladas (QC), anos de coleta (AC), área dos castanhais em ha (AR), fertilidade do solo (FS) e densidade de castanheiras adultas por ha (DA) ($DP = 5,648 - 1,747QC + 0,922AC + 0,015AR - 0,152FS + 0,793DA$) explicou 58% da variação na densidade de plântulas estabelecidas (Tabela 2). Houve pouca evidência de colinearidade (tolerância $> 0,51$ para todas as variáveis). Apenas o número de anos de coleta ($p = 0,003$) e a quantidade de castanha coletada ($p = 0,027$) contribuíram significativamente para o modelo (Fig. 2). No entanto, modelos contendo apenas o número de anos de coleta e a quantidade de castanha coletada indicaram que o efeito do número de anos de coleta é muito mais forte do que o efeito da quantidade coletada. Um modelo contendo apenas o número de anos de coleta ($R^2 = 0,36$) explicou 15% menos da variância do que um modelo com ambas as variáveis ($R^2 = 0,51$). Um modelo com somente a quantidade de castanha coletada apresentou um R^2 de apenas 0,04. Removendo-se da análise o castanhal no qual mais castanha foi coletada (Piykôny, número 4 na Tabela 1), o efeito da quantidade de castanha coletada não é mais significativo.

3.2. Manejo da castanha pelos Kayapó

Os coletores Kayapó deixaram cair um total de 34 sementes (1,8/dia) ao longo das trilhas utilizadas para transportar castanhas em 16% dos dias em que foram acompanhados por nós. Além disso, a densidade de plântulas estabelecidas (Fig. 3) nas proximidades das trilhas (média = 28,6 plântulas/ha, DP 7,9) foi muito mais alta (teste t pareado: $t_2 = 7,33$, $p = 0,018$) do que ao longo das transeções 100 m distante das trilhas (média = 1,2 plântulas/ha, DP 2,1). A densidade média de plântulas estabelecidas ao longo de trilhas foi o dobro da densidade média de plântulas em todos os castanhais amostrados neste estudo (13,4/ha, DP

8,5) e mais de quatro vezes maior do que a densidade de plântulas nos cinco castanhais não explorados pelos Kayapó (6,4/ha, *DP* 4,5).

A taxa anual média de crescimento das plântulas, incluindo a redução de tamanho devido ao corte pelos Kayapó ou outros danos, e a taxa de mortalidade de plântulas ao longo de trilhas (média = 9,7 cm, *DP* 12,7 e 3,3%, *DP* 5,1, respectivamente) não foram significativamente diferentes (teste t pareado: $t_7 = 0,447$, $p = 0,669$ para taxa média de crescimento; $t_7 = 0,586$, $p = 0,576$ para mortalidade) das taxas para plântulas localizadas distante das trilhas (média = 11,2 cm, *DP* 9,2 para crescimento; 4,6%, *DP* 5,4 para mortalidade).

Dos 98 Kayapó entrevistados, 20,4% declararam já ter plantado intencionalmente pelo menos uma castanheira em sua aldeia ou roça, e 41,7% disseram que seus ancestrais ou parentes mais velhos plantaram castanheiras. Nós localizamos seis, oito e 51 castanheiras nas aldeias de Moikarakô, Kikretum e A'Ukre, respectivamente. A maioria delas eram plântulas com alturas entre 30 e 150 cm (41,5%), assim como indivíduos jovens com DAP < 10 cm (30,8%). Três indivíduos já estavam produzindo frutos.

4. Discussão

Muito tem se discutido nos últimos anos sobre como conciliar as prioridades de conservação e as necessidades das populações locais na região amazônica (Schwartzman et al., 2000; Peres e Zimmerman, 2002; Schwartzman e Zimmerman, 2005). Uma das ações prioritárias para avançar nesta discussão e partir para uma política de conservação mais inclusiva é acessar os impactos ecológicos do uso de recursos naturais pelas populações tradicionais (Brockington et al., 2006). Neste estudo, mostramos que a coleta de castanhas pelos Kayapó que habitam o sudeste amazônico é, da forma como vem sendo praticada até hoje, um exemplo de coexistência benéfica entre uma população humana e um recurso natural.

Embora a coleta intensiva de sementes possa impactar negativamente o recrutamento de indivíduos de castanheiras, demonstramos que os níveis atuais de coleta praticados pelos Kayapó não reduziram o recrutamento de plântulas dentro dos castanhais. Apesar das grandes quantidades de castanha coletadas, os Kayapó têm coletado apenas entre 10% e 40% da produção total de sementes dos castanhais explorados por eles nos últimos anos (capítulo 1), proporção menor do que a descrita como sustentável em outros estudos (Zuidema e Boot,

2002; Wadt et al., 2008). Na verdade, alguns estudos têm sugerido que mesmo a coleta de proporções relativamente altas de frutos ou sementes de algumas espécies de árvores pode permitir a persistência da população explorada (Ticktin, 2004). Nossos resultados, juntamente com os resultados de estudos realizados em outras regiões amazônicas (Zuidema e Boot, 2002; Wadt et al., 2008; Scoles, 2010) indicam que níveis baixos a médios de coleta não representam uma ameaça à persistência das populações de castanha-da-Amazônia.

Além disso, nosso estudo mostrou que a coleta conduzida pelos Kayapó e/ou atividades a ela associadas, aumentaram a densidade de plântulas estabelecidas nos castanhais. Mecanismos como a mortalidade dependente de densidade (Janzen, 1970; Connell, 1971) poderiam ser responsáveis pelo aumento na densidade de plântulas devido à redução da densidade de sementes e à conseqüente redução da atratividade das sementes e plântulas a predadores e patógenos (Augspurger, 1984; Harms et al., 2000). No entanto, a densidade extremamente alta de plântulas ao longo das trilhas utilizadas para transportar castanhas indica que a eficiência dos coletores Kayapó como dispersores de sementes é provavelmente também uma das explicações para a alta densidade de plântulas na maioria dos castanhais explorados. Os castanhais possuem uma rede complexa e dinâmica de trilhas ligando as castanheiras exploradas e, considerando-se que a temporada de coleta de castanha dura pelo menos dois meses por ano e que diversas famílias Kayapó coletam e transportam castanhas simultaneamente nos castanhais, o número de sementes dispersas nas trilhas anualmente deve ser significativo. Embora as plântulas localizadas ao longo de trilhas sejam mais propensas a serem cortadas pelos coletores, as taxas de mortalidade e de crescimento foram similares entre plântulas em trilhas e em áreas distantes das trilhas. As plântulas dispersas ao longo de trilhas possivelmente cresçam mais rápido devido a maiores níveis de radiação nestes locais (ver Myers et al., 2000), o que compensaria os efeitos negativos de serem eventualmente cortadas. Os coletores Kayapó carregam castanhas por longas distâncias dentro dos castanhais e dispersam as sementes a distâncias (kms) muito maiores do que as distâncias esperadas para roedores com áreas de vida de apenas alguns hectares (Silvius e Fragoso, 2003; Jorge e Peres, 2005). Assim, sementes dispersas pelos Kayapó poderiam ser beneficiadas devido a menores chances de predação em função das maiores distâncias da planta mãe (Janzen, 1970; Connell, 1971), e pelas maiores chances de germinação se elas forem dispersas para sítios favoráveis (Howe e Smallwood, 1982; Augspurger, 1984).

A caça e outras atividades extrativistas conduzidas pelos Kayapó nos castanhais explorados podem também aumentar o recrutamento de plântulas devido à redução da

densidade de predadores de sementes e/ou plântulas, ou por influenciar os padrões de dispersão de sementes de castanha (capítulo 3; Wright et al., 2000; Dirzo et al., 2007; Stoner et al., 2007). A meta-análise de Peres et al. (2003) mostrou que a abundância de herbívoros de grande porte parece afetar negativamente, entre outros fatores, o recrutamento de plântulas em castanhais ao longo da Amazônia. Em A'Ukre, a densidade de animais caçados nas proximidades da aldeia A'Ukre é menor do que em áreas distantes da aldeia (Peres e Nascimento, 2006), assim é provável que a abundância de herbívoros provavelmente seja menor em castanhais distantes e não-explorados do que em castanhais explorados e nos quais os Kayapó caçam.

A dispersão não-intencional de castanhas pelos Kayapó ao longo de trilhas entre castanhais, acampamentos e aldeias, indica que a dispersão de sementes ao longo de trilhas é um mecanismo potencial para expandir ou originar novos castanhais. Além disso, a castanha é intencionalmente plantada pelos Kayapó, fato confirmado pela presença de diversas castanheiras nas aldeias. Considerando-se que as aldeias Kayapó estudadas possuem menos de 35 anos de idade, que os Kayapó habitam a bacia do Rio Xingu a pelo menos 150 anos, e que muitas aldeias Kayapó mudaram de localização diversas vezes nas últimas décadas (Turner, 1992), é provável que o plantio de castanheiras pelos Kayapó tenha influenciado significativamente a distribuição espacial dos castanhais dentro de seus territórios. Nossos dados suportam a hipótese de que a dispersão de castanha ao longo da Amazônia foi, pelo menos em parte, influenciada por populações indígenas (Ducke, 1946; Balée, 1989; Shepard Jr. e Ramirez, 2011). Além disso, eles mostram que o manejo humano atual provavelmente contribui para a manutenção e a formação de novos castanhais. Isto tem importantes implicações para o manejo das populações de castanha. Se os castanhais são de fato formações antropogênicas, é possível que seja necessário algum grau de interferência humana para a sua manutenção em longo prazo.

Embora a coleta de castanha pelos Kayapó possa representar um caso particular de coleta associada ao manejo, como aparentemente nenhum conhecimento tradicional específico ou complexo é utilizado pelos Kayapó para manejar as populações de castanheiras, é provável que outras populações indígenas e não-indígenas façam um manejo semelhante de castanhais na região amazônica (Posey, 1985; Pereira, 1994; Shepard Jr. e Ramirez, 2011). Assim, respostas semelhantes à coleta de castanha podem também estar acontecendo em outras partes da Amazônia, onde castanhas são coletadas por descendentes de populações Européias e Africanas (Ortiz, 2002; Scoles, 2010; Scoles e Gribel, 2011).

4.1. Implicações para a conservação da castanha-da-Amazônia

Em um momento de discussão científica e política sobre a sustentabilidade das atividades econômicas e as melhores estratégias para se conservar os recursos amazônicos e as populações indígenas, nosso estudo mostrou o quão sutil pode ser a linha que divide o uso predatório e a conservação. A coleta de castanha e outras atividades extrativistas não apenas fornecem os meios de subsistência para muitas populações amazônicas, elas também reduzem a atratividade de fontes de renda predatórias que, em longo prazo, podem gerar impactos negativos para os ecossistemas amazônicos, para as populações de castanha e para as comunidades que dependem delas. Na Terra Indígena Kayapó, os níveis atuais de coleta fornecem alimento e recurso para os indígenas protegerem suas florestas e sua cultura, e ainda resultam em impactos positivos para as populações de castanheiras nos locais exploradas e em paisagens mais amplas. Este exemplo, assim como outras evidências da coleta não-predatória de castanha por populações tradicionais amazônicas, indica que a coleta de baixa a média intensidade não representa uma ameaça às populações de castanha-da-Amazônia e ao extrativismo de castanha no futuro, e que práticas de manejo, quando necessárias, devem ser adequadas a diferentes regiões e situações. Decisões de manejo baseadas em generalizações podem quebrar o delicado equilíbrio entre o uso e a conservação deste valioso recurso pelas comunidades locais da Amazônia.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os Kayapó que carinhosamente nos receberam em suas aldeias e castanhais; a Biribiri Kayapó, N.V. Sales, T. Hoorda, K. Kato e especialmente Okore Kayapó (*in memorium*) pela assistência no campo; a W. Spironello pela ajuda com o programa DISTANCE; e a A. Stow, B. Zimmerman, C. Clement, e T. Haugaasen pelos valiosos comentários e críticas sobre este manuscrito. Este estudo foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Conservação Internacional do Brasil (CI-Brasil), Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) / Gordon and Betty Moore Foundation, Institut de Recherche Pour le Développement (IRD) e Associação Floresta Protegida (AFP). As imagens de satélite SPOT foram cedidas pelo SEAS-Guiane/IRD.

Papel das fontes financiadoras

O CNPq forneceu uma bolsa de doutorado para M.B.N. Ribeiro e apoiou o trabalho de campo de 2007 a 2011. A CI-Brasil e o IEB / Moore Foundation apoiaram o trabalho de campo de 2008 a 2010 por meio de bolsas relacionadas à conservação da biodiversidade da Amazônia, cedidas a M.B.N. Ribeiro. O IRD apoiou o trabalho de campo e despesas com viagens de M.B.N. Ribeiro e P. Robert de 2007 a 2011. Todo o apoio logístico para a realização do trabalho de campo foi fornecido pela AFP.

Referências

- Anderson, A.B., 1990. Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press, NY.
- Anderson, A.B., Posey, D.A., 1989. Management of a tropical scrub savanna by the Gorotire Kayapo of Brazil. Em: Posey D.A., Balée, W. (Eds.), Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies. Advances in Economic Botany, v.7. New York Botanical Garden, New York, pp. 159-173.
- Augspurger, C.K., 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, lightgaps and pathogens. Ecology 65, 1705-1712.
- Baider, C., 2000. Demografia e Ecologia de Dispersão de Frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em Castanhais Silvestres da Amazônia Oriental. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Balée, W., 1989. The culture of Amazonian forests. Em: Posey, D.A., Balée W., (Eds), Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies. Advances in Economic Botany, v.7. New York Botanical Garden, New York, pp. 1-21.
- Berkes, F., Colding, J., Folke, C., 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. Ecological Applications 10, 1251-1262.
- Brockington, D., Igoe, J., Schmidt-Soltau, K., 2006. Conservation, human rights, and poverty reduction. Conservation Biology 24, 605-614.

- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford.
- Buckley, D.P., O'Malley, D.M., Apsit, V., Prance, G.T., Bawa, K.S., 1988. Genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). Theoretical and Applied Genetics 76, 923-928.
- Clay, J.W., 1997. Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. Em: Freese, C.H. (Ed.), Harvesting Wild Species – Implications for Biodiversity and Conservation. John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 246-282.
- Clement, C.R., 1999. Castanha-do-Pará. Em: Clay, J.W., Sampaio, P.T.B., Clement, C.R., (Eds), Biodiversidade Amazônica: Exemplos e Estratégias de Utilização. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, Manaus, AM, pp. 119-131.
- Clement, C.R., McCann, J.M., Smith, N.J.H., 2003. Agrobiodiversity in Amazonia and its relationships with dark earths. Em Lehmann, J., Kern, D., Glase, B., Woods, W. (Eds.), Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 159-178.
- Connell, J.H., 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forests. Em Boer, P.J., Gradwell, G.R. (Eds.), Dynamics of populations. Center for Agricultural Publishing and Documentation, The Netherlands, pp. 298–312.
- 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.
- Dirzo, R., Mendoza, E., Ortiz, P., 2007. Size-related differential seed predation patterns in a heavily defaunated Neotropical rain forest. Biotropica 39, 355–362.
- Ducke, A., 1946. Plantas de cultura précolombiana na Amazônia brasileira. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte 8, 2-24.
- Emprapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Manual de métodos de análises de solo (Second Edition). Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, RJ.
- Fearnside, P.M., 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. Conservation Biology 19, 680-688.

- Gadgil, M., Berkes, F., Folke C., 1993. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio* 22, 151-156.
- Gribel, R., Lemes, M.R., Bernardes, L.G., Pinto, A.E., Shepard Jr., G.H., 2007. Phylogeography of Brazil-nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae): Evidence of human influence on the species distribution. Association for Tropical Biology and Conservation Annual Meeting, Morelia, MX. pp 281.
- Harms, K.E., Wright, S.J., Calderón, O., Hernández, A., Herre, E.A., 2000. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 404, 493-495.
- Howe, H.F., Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201-228.
- Janzen, D.H., 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104, 501-528.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analysis. ESRI, Redlands, CA.
- Jorge, M.S.P., Peres, C.A., 2005. Population density and home range size of red-rumped agoutis (*Dasyprocta leporina*) within and outside a natural Brazil nut stand in southeastern Amazonia. *Biotropica* 37, 317-321.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O., Gomes-Silva, D.A.P., Capanu, M., 2006. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology* 22, 147-154.
- Kanashiro, M., Harris, S.A., Simons, A., 1997. RAPD diversity in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Silvae Genetica* 46, 219-223.
- Laurance, W.F., 2005. When bigger is better: The need for Amazonian mega-reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 645-648.
- Maués, M.M., 2002. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. - Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. Em: Kevan, P., Fonseca, V.L.I. (Eds.), *Pollinating Bees - the Conservation Link between Agriculture and Nature*. MMA, Brasília, DF, pp. 245-254.
- Mori, S.A., Prance, G.T., 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany* 8, 130-150.

- Myers, G.P., Newton, A.C., Melgarejo, M., 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 127, 119-128.
- Nepstad, D.C., Schwartzman, S., 1992. *Non-timber Products from Tropical Forests: Evaluation of a Conservation and Development Strategy*. The New York Botanical Garden, New York.
- Ortiz, E.G., 2002. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*). Em: Shanley, P., Pierce, A.R., Laird, S.A., Guillen, S.A. (Eds.), *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan, London, pp. 61-74.
- Pereira, H.S., 1994. Manejo agroflorestal da castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) na região do Lago do Tefê (AM). *Rev. U.A. Série Ciências Agrárias* 3, 11-32.
- Peres, C.A., Baider, C., 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in Southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 13, 595-616.
- Peres, C.A., Zimmerman, B., 2002. Perils in parks or parks in peril? Reconciling conservation in Amazonian reserves with and without use. *Conservation Biology* 15, 793-797.
- 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.
- Peres, C.A., Nascimento, H.S., 2006. Impact of game hunting by the Kayapó of Southeastern Amazonia: Implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. *Biodiversity and Conservation* 15, 2627-2653.
- Posey, D.A., 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: The case of the Kayapo Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3, 139-158.
- Quinlan, M., 2005. Considerations for collecting freelists in the field: examples from ethnobotany. *Field Methods* 17, 219-34.
- Ricardo, B., Ricardo F., 2006. *Povos Indígenas no Brasil 2001/2005*. Instituto Socioambiental, São Paulo.
- Richards, M., 1993. The potential of non-timber forest products in sustainable natural forest management in Amazonia. *Commonwealth Forestry Review* 72, 21-27.

- Robert, P., 2009. Del pi y-kô al bosque certificado: los varios caminos de la castaña. *Anuario Americanista Europeo* 6-7, 563-581.
- Roosevelt, A.C., Lima da Costa, M., Lopes Machado, C., Michab, M., Mercier, N., Valladas, H., Feathers, J., Barnett, W., Imazio da Silveira, M., Henderson, A., Sliva, J., Chernoff, B., Reese, D.S., Homan, J.A., Toth, N., Schick, K., 1996. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. *Science* 272, 373-384.
- Schwartzman, S., Moreira, A., Nepstad, D., 2000. Rethinking tropical forest conservation: perils in parks. *Conservation Biology* 14, 1351-1357.
- Schwartzman, S., Zimmerman, B., 2005. Conservation alliances with indigenous peoples of the Amazon. *Conservation Biology* 19, 721-727.
- Scoles, R., 2010. *Ecologia e Extrativismo da Castanheira (Bertholletia excelsa, Lecythydaceae) em duas Regiões da Amazônia Brasileira*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM.
- Scoles, R., Gribel, R., 2011. Population structure of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythydaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. *Human Ecology* 39: 455-464.
- Shanley, P., Pierce, A.R., Laird, S.A., Guillen, S.A., 2002. *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan, London.
- Shepard Jr., G.H., Ramirez, H., 2011. "Made in Brazil": human dispersal of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythydaceae) in ancient Amazonia. *Economic Botany* 65, 44-65.
- Silvius, K.M., Fragoso, J.M.V., 2003. Red-rumped agouti (*Dasyprocta leporina*) home range use in an Amazonian forest: implications for the aggregated distribution of forest trees. *Biotropica* 35, 74-83.
- Smith, J.J., 1993. Using ANTHROPAC 3.5 and a spreadsheet to compute a free-list salience index. *Cultural Anthropology Methods Journal* 5, 1-3.
- Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P., 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440, 520-523.
- Stoner, K.E., Vulinec, K., Wright, S.J., Peres, C.A., 2007. Hunting and plant community dynamics in tropical forests: a synthesis and future directions. *Biotropica* 39, 385-392.
- Ticktin, T., 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41, 11-21.

- Tuck Hugaasen, J.M., Hugaasen, T., Peres, C.A., Gribel, R., Wegge, P., 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 26, 251-262.
- Turner, T., 1992. Os Mebengokre Kayapó: história e mudança social. Em: Cunha, M.C. (Ed.), *História dos Índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, pp. 311-338.
- Vermeulen, S., Sheil, D., 2007, Partnerships for tropical conservation. *Oryx* 41, 434-440.
- Vieira, S., Trumbore, S., Camargo, P.B., Selhorst, D., Chambers, J.Q., Higuchi, N., 2005. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 18502-18507.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211, 371-384.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Staudhammer, C.L., Serrano, R.O.P., 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141, 332-346.
- Wright, S.J., 2010. The future of tropical forests. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195, 1-27.
- Wright, S.J., Zeballos, H., Domínguez, I., Gallardo, M.M., Moreno, M.C., Ibáñez, R., 2000. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal and seed predation in a Neotropical forest. *Conservation Biology* 14, 227-239.
- Zimmerman, B.L., Peres, C.A., Malcolm, J.R., Turner, T., 2001. Conservation and development alliances with the Kayapó of south-eastern Amazonia, a tropical forest indigenous people. *Environmental Conservation* 28, 10-22.
- 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.

Tabela 1. Características dos castanhais amostrados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.

Castanhal	Aldeia Kayapó	Densidade de plântulas de castanha >30<150 cm altura (ind/ha)	Quantidade de castanha coletada recentemente (t)	Nº de anos de coleta nas últimas duas décadas	Área do castanhal (ha)	Fertilidade do solo - soma de bases (cmolc/kg)	Densidade de castanheiras >60cm DAP (ind/ha)	Comprimento da transeção (m)	Índice de relevância S de Smith
1. Pinkeití	A'Ukre	7,9	0,00	0	28,5	2,01	3,7	950	0,0
2. Pinkeití ny	A'Ukre	12,5	0,00	0	82,0	3,04	1,0	1.000	0,0
3. Kikrérytí	A'Ukre	28,9	0,30	14	25,8	2,88	3,4	950	0,1
4. Piykôny ^a	A'Ukre	5,4	10,81	16	236,6	1,73	3,6	1.400	0,5
5. Bemp	A'Ukre	17,5	0,00	14	47,8	0,92	5,1	1.000	0,1
6. Atâikot Piykô ^a	A'Ukre	25,0	1,10	16	232,0	2,70	2,6	900	0,2
7. Kubenhet nhon Piykô ^a	A'Ukre	10,5	0,26	16	25,8	8,88	3,0	950	0,2
8. A'Ukre Velho	A'Ukre	28,9	0,60	16	37,8	0,56	4,9	950	0,2
9. A'Ukre II	A'Ukre	26,3	0,68	16	39,9	8,59	3,9	950	0,2
10. Piôkrótíkôyagot	A'Ukre	5,9	0,00	0	30,0	9,21	4,7	850	0,0
11. Picadinha	A'Ukre	5,6	0,00	0	23,5	5,75	3,6	900	0,0
12. Kroat	A'Ukre	0,0	0,00	0	38,6	2,66	2,4	1.050	0,0
13. Moikarakô Txêt	Moikarakô	17,3	0,00	1	80,0	0,40	2,2	1.300	0,0
14. Nhandjúbindjá	Moikarakô	16,0	0,23	5	25,0	9,81	4,1	1.250	0,1
15. Oredjá	Moikarakô	6,8	1,89	6	141,5	3,18	1,4	1.100	0,3
16. Pintekrêbikiere	Moikarakô	10,0	5,34	6	346,6	12,16	1,7	1.000	0,6
17. Urubu	Kikretum	12,5	5,06	8	215,0	5,31	2,2	1.000	0,4
18. Kentí	Kikretum	15,0	5,89	8	840,0	1,80	2,2	1.000	0,5
19. Capoeira	Kikretum	4,2	1,74	8	146,0	2,01	1,3	1.200	0,1
20. Rebojinho	Kikretum	12,5	4,10	8	282,0	1,35	1,0	1.000	0,1

^a Castanhais cujas trilhas para a aldeia (e transeções paralelas) foram amostradas para plântulas.

Tabela 2. Detalhes da regressão múltipla testando os efeitos da coleta de castanha na densidade de plântulas em 20 castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.

Efeito	Coefficiente	Erro padrão	Coef. Padrão	Tolerância	<i>t</i>	<i>p</i>
Constante	5,648	4,797	0,000	-	1,177	0,259
Quantidade coletada	-1,747	0,708	-0,597	0,518	-2,468	0,027
Anos de coleta	0,922	0,261	0,696	0,781	3,537	0,003
Área do castanhal	0,015	0,011	0,336	0,508	1,376	0,190
Fertilidade do solo	-0,152	0,421	-0,064	0,964	-0,361	0,723
Densidade de castanheiras adultas	0,793	1,346	0,121	0,719	0,589	0,565

Legendas das Figuras

Fig. 1. Localização das três aldeias Kayapó e dos 20 castanhais amostrados neste estudo, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil. Os números dos castanhais correspondem àqueles da Tabela 1.

Fig. 2. Regressões parciais mostrando a relação entre densidade de plântulas estabelecidas (DP) e anos de coleta (AC) (a), e entre a densidade de plântulas estabelecidas e a quantidade de castanha coletada (QC) (b) em castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.

Fig. 3. Densidade de plântulas de castanha ao longo de trilhas e em transeções paralelas a estas, na aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia .

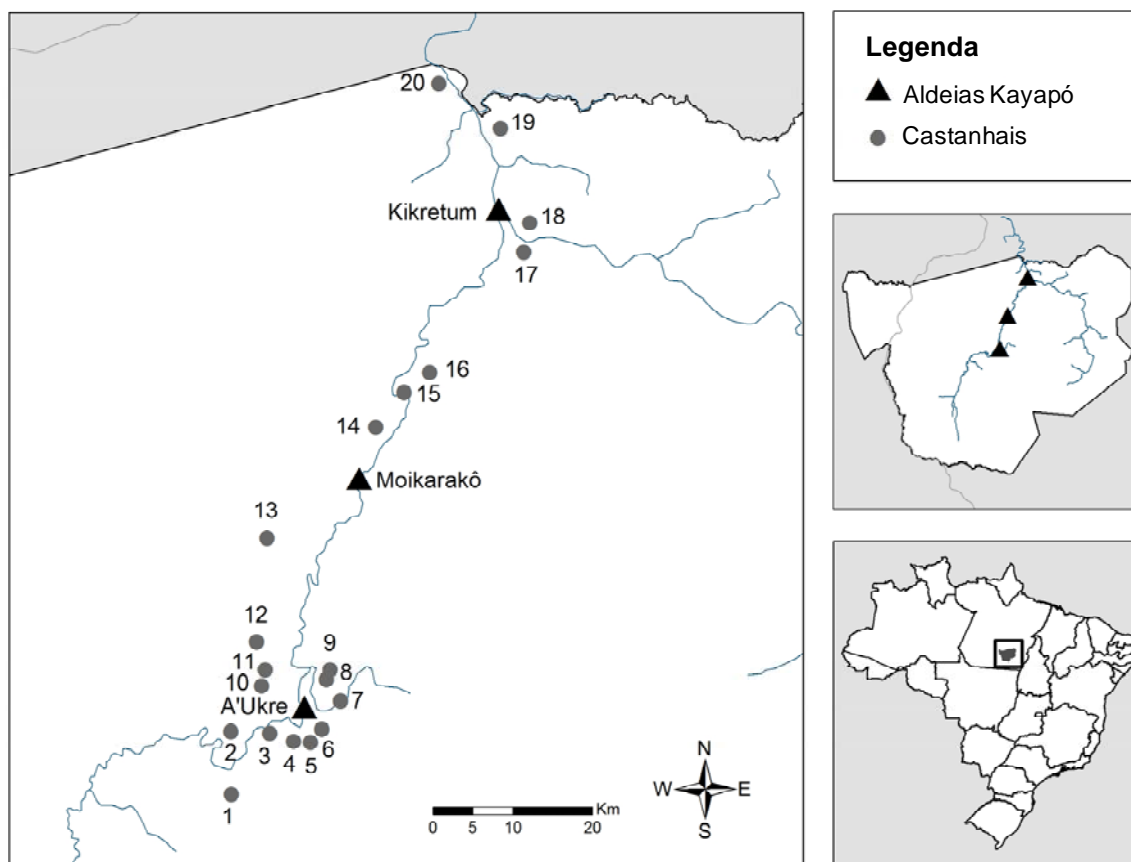


Figura 1.

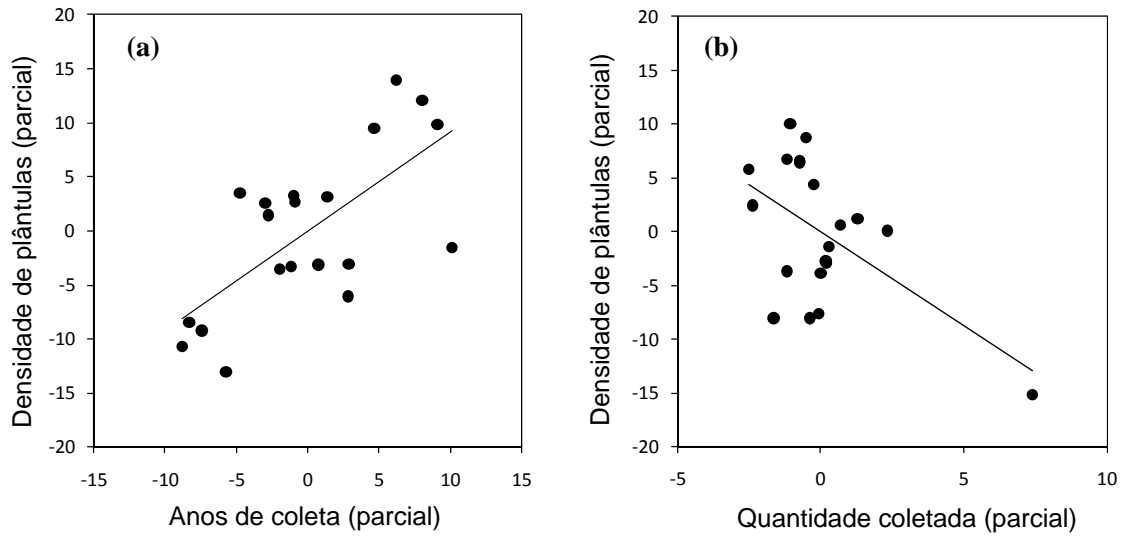


Figura 2.

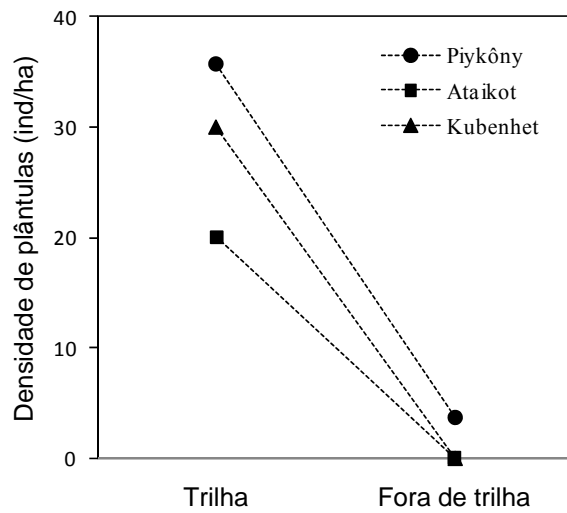


Figura 3.

Capítulo 3

Ribeiro, M.B.N., Jerozolinski, A., Jorge, M.L.S.P. & Magnusson, W.E. Post-dispersal removal of Brazil-nut seeds in areas subjected to different harvesting and hunting intensities in southeastern Amazonia. Manuscrito formatado para *Biotropica*.

LRH: Ribeiro, Jerozolinski, Jorge, e Magnusson

RRH: Remoção de sementes de castanha-da-Amazônia em áreas exploradas

Remoção Pós-dispersão da Castanha-da-Amazônia em Áreas com Diferentes Intensidades de Coleta e Caça no Sudeste da Amazônia

Maria Beatriz N. Ribeiro^{1,2,5}, Adriano Jerozolinski³, Maria Luisa S. P. Jorge⁴ & William E. Magnusson²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.

² Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.

³ Associação Floresta Protegida (AFP), Rua do Café, 201, Setor Morumbi, 68385-000 Tucumã, PA, Brasil.

⁴ Laboratório de Biologia da Conservação, Departamento de Ecologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), C.P. 199, 13506-900 Rio Claro, SP, Brazil.

⁵ Autor correspondente: Email: ribeiro.mbn@gmail.com / maria.beatriz@inpa.gov.br

RESUMO

A coleta de sementes e as atividades a ela associadas podem afetar o recrutamento de espécies de plantas nas florestas tropicais de diversas maneiras. Neste artigo investigamos se a remoção de sementes de castanha-da-Amazônia, um dos principais produtos florestais não-madeireiros da Amazônia, é afetada pela caça associada à coleta de sementes, e se as taxas de remoção observadas estão relacionadas à densidade de plântulas de castanha nos castanhais. Em abril de 2010, realizamos experimentos de remoção de sementes de castanha e estimamos a densidade de plântulas de castanha em seis castanhais localizados em uma Terra Indígena no sudeste da Amazônia – três sujeitos à coleta e à caça (coletados/caçados) e três onde não há coleta e nem caça (não-coletados/não-caçados). A remoção de sementes enterradas não foi diferente entre castanhais coletados/caçados e não-coletados/não-caçados. Entretanto, as taxas de remoção para sementes não-enterradas em castanhais coletados/caçados ($22,3\% \pm 3,1$ DP das sementes foram removidas e $31,7\% \pm 10,4$ das estações tiveram sementes removidas) foram a metade das taxas em castanhais não-coletados/não-caçados ($46,3\% \pm 3,5$ e $60\% \pm 5,0$, respectivamente). A densidade de plântulas de castanha foi negativamente correlacionada às taxas de remoção de sementes. Nossos resultados sugerem que a redução de predadores de sementes em castanhais coletados devido à caça pode resultar em um aumento na densidade de plântulas. A caça de cutias durante a estação de coleta de castanha e após estas terem enterrado sementes, pode contribuir para uma maior taxa de dispersão de sementes e, portanto, uma maior densidade de plântulas. Este estudo indica que a caça associada à coleta de castanha favorece o recrutamento de plântulas em castanhais, porém outros estudos investigando o destino das sementes removidas em áreas coletadas e em áreas caçadas são necessários para esclarecer os mecanismos responsáveis pelo aumento no recrutamento de castanha-da-Amazônia nos castanhais explorados.

ABSTRACT

Seed harvesting and associated activities have been shown to affect the recruitment of tropical-forest plant species in many ways. Here we examined whether seed removal of Brazil nut, a major Amazonian non-timber product, is affected by hunting associated with Brazil-nut-seed harvesting activities, and if the observed seed-removal rates are related to density of seedlings in Brazil-nut groves. In April 2010, we conducted removal experiments with Brazil-nut seeds and estimated Brazil-nut-seedling density in six Brazil-nut groves in an Indigenous Reserve in southeastern Amazonia - three harvested and hunted, and three unharvested and unhunted. Seed removal of buried seeds was not different between harvested/hunted and unharvested/unhunted groves. However, removal rates for unburied seeds in harvested/hunted Brazil-nut groves (22.3% , ± 3.1 SD of total seeds and $31.7\% \pm 10.4$ of stations with seeds removed) were half those of unharvested/unhunted groves ($46.3\% \pm 3.5$ and $60\% \pm 5.0$, respectively). Density of Brazil-nut seedlings was negatively correlated with seed removal rates. Our results suggest that reduction of seed predators in harvested sites due to hunting leads to an increase in seedling recruitment. Hunting agoutis during the harvesting season and after seeds are cached may also result in greater dispersal and survival of seeds and, therefore, in higher seedling density. Our study indicates that hunting activities associated with Brazil-nut harvest favor seedling regeneration, but further studies investigating the fate of removed seeds in harvested and in hunted areas are needed to clarify the mechanisms responsible for the increased recruitment in harvested groves.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*; cutia; densidade de plântulas; dispersão de sementes; Kayapó; predação de sementes; recrutamento.

A CASTANHA-DA-AMAZÔNIA (*BERTHOLLETIA EXCELSA* – LECYTHIDACEAE) É UM DOS PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS MAIS IMPORTANTES E AMPLAMENTE COMERCIALIZADOS DA REGIÃO AMAZÔNICA (Mori 1992, Clay 1997, Ortiz 2002) e tem havido muita preocupação com a sustentabilidade de sua exploração. Embora um estudo anterior sugira que populações de castanha-da-Amazônia exploradas de forma intensiva tenham recrutamento de indivíduos limitado (Peres *et al.* 2003), e outros não tenham encontrado impactos na coleta de sementes (Zuidema & Boot 2002, Wadt *et al.* 2008), castanhais com uma história mais longa de coleta de sementes no sudeste da Amazônia apresentam densidade de plântulas mais altas do que castanhais com poucos anos de coleta (capítulo 2). Este efeito positivo inesperado da coleta no recrutamento de plântulas foi em parte atribuído à dispersão não-intencional de sementes pelos coletores Kayapó e a mecanismos dependentes de densidade. No entanto, a caça associada à coleta de castanha, a qual pode influenciar a densidade, a composição e a atividade de dispersores de sementes e de predadores de sementes e plântulas, também foi sugerida como um possível mecanismo influenciando a densidade de plântulas em castanhais explorados (capítulo 2). A pressão de caça nos castanhais pode reduzir não apenas a densidade de dispersores de castanha, como as cutias, mas também de predadores, como cutias, queixadas, veados, antas e macacos-prego (Peres 2000, Peres & Nascimento 2006, Stoner *et al.* 2007), tendo um impacto indireto no recrutamento de castanheiras (Baider 2000, Jansen & Forget 2001, Peres *et al.* 2003, Wright 2003, Dirzo *et al.* 2007, Forget & Jansen 2007).

As castanheiras são amplamente distribuídas nas florestas de terra firme da Bacia Amazônica e do Escudo das Guianas (Mori & Prance 1990, Shepard Jr. & Ramirez 2011). Elas geralmente ocorrem em aglomerados (*castanhais*) os quais podem conter de poucas a mais de 300 árvores (capítulo 4). Os frutos globosos e indeiscentes caem no chão durante a estação chuvosa e podem ser abertos apenas por poucas espécies de animais, incluindo cutias, esquilos, pequenos roedores e macacos-pregos (Baider 2000, Tuck Haugaasen *et al.* 2010). Uma vez que os frutos são abertos, as sementes podem ser consumidas por uma gama maior de animais, que inclui queixadas, veados e formigas (Peres & Baider 1997, Solorzano-Filho 2009, Tuck Haugaasen *et al.* 2010). As cutias são os dispersores e os predadores mais importantes das sementes de castanha (Peres & Baider 1997, Tuck Haugaasen *et al.* 2010). Estes roedores normalmente enterram as sementes de castanha para consumo futuro durante períodos de escassez de recursos, podendo esquecer algumas destas sementes (Tuck Haugaasen *et al.* 2010;

ver também Forget 1990, 1996). Devido ao alto teor de nutrientes e gordura, assim como à sua grande longevidade (sementes são viáveis por mais de um ano após a queda dos frutos), as castanhas são um importante recurso para a fauna durante todo o ano (Baider 2000, Tuck Hugaasen *et al.* 2010).

A “hipótese da saciação” propõe que uma alta densidade de sementes poderia saciar os predadores de sementes, aumentando a sobrevivência destas (Janzen 1971, Shupp 1992), e conseqüentemente aumentando as chances de estabelecimento de plântulas. No entanto, Peres *et al.* (1997) observaram uma remoção de sementes mais alta dentro dos castanhais do que fora destes, indicando que há maior remoção onde há maior densidade de castanhas no chão. Além disso, eles observaram que na estação chuvosa, quando os frutos de castanha são mais abundantes sobre o solo, a remoção de sementes é maior do que na estação seca. Estas diferenças foram atribuídas a diferenças no comportamento de forrageamento das cutias (Peres *et al.* 1997). Entretanto, Jorge e Peres (2005) mostraram que a densidade de cutias era duas vezes maior e as áreas de vida delas eram a metade do tamanho dentro de castanhais em comparação com fora dos castanhais, indicando que tanto a densidade e o comportamento de forrageamento das cutias estão relacionados à disponibilidade de castanhas. Embora Tuck Hugaasen *et al.* (2010) não tenham encontrado diferenças no número de sementes removidas entre diferentes estações, eles detectaram uma maior velocidade de remoção na estação seca, contrariando os resultados de Peres *et al.* (1997) e corroborando a hipótese de saciação.

A remoção, a predação e a dispersão de castanha têm sido investigadas em detalhes nos últimos anos (Peres *et al.* 1997, Peres & Baider 1997, Baider 2000, Solorzano-Filho 2009, Hugaasen & Tuck Hugaasen 2010, Tuck Hugaasen *et al.* 2010, Tuck Hugaasen *et al.* 2011) porém, até agora, os efeitos da coleta de sementes e da caça a ela associada nos padrões de remoção de sementes são apenas especulação. Se a densidade de predadores de sementes nos castanhais explorados é constante, espera-se que a pressão de predação sobre as castanhas disponíveis seja maior do que em áreas não exploradas, já que a disponibilidade de sementes por predador é menor. A taxa de castanhas predadas e enterradas pelas cutias também deve ser maior em castanhais mais explorados se o número de cutias for constante, como foi demonstrado para sementes de palmeiras em fragmentos na Amazônia Central (Jorge & Howe 2009). Em locais onde pouca ou nenhuma coleta ocorreu, mais castanhas estarão disponíveis e espera-se que os predadores de sementes estejam saciados mais rapidamente e deixem mais sementes para

germinar. No entanto, se os castanhais explorados são também caçados, e se as espécies caçadas predam ou dispersam sementes de castanha, a menor densidade de predadores e dispersores poderia compensar a menor disponibilidade de castanhas nestes locais. Neste estudo, nós utilizamos um experimento de remoção de sementes para investigar se a remoção de sementes é diferente em castanhais sujeitos a diferentes intensidades de coleta e de caça em uma Terra Indígena no sudeste da Amazônia. Como o recrutamento de plântulas na área de estudo é maior em castanhais explorados (capítulo 2), também testamos se as taxas de remoção de sementes encontradas no experimento estão associadas às densidades de plântulas nos castanhais.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO – Este estudo foi conduzido no território da aldeia Kayapó de A'Ukre (7°41'15"S, 51°52'25"W), sudeste do Estado do Pará, Brasil (Fig. 1). A aldeia A'Ukre está localizada na margem direita do Rio Riozinho, um afluente de segunda ordem do Rio Xingu, dentro da Terra Indígena (TI) Kayapó, uma reserva de 3,284 milhões de hectares no sudeste da Amazônia. A TI Kayapó localiza-se em uma área de transição entre a Floresta Amazônica e o cerrado do Brasil Central, e sua paisagem é dominada por florestas semi-decíduas, com manchas de florestas altas e densas, florestas de lianas, florestas de palmeiras, cerrados e afloramentos rochosos (Salm 2004). A altitude na TI Kayapó varia de 200 a 500 m acima do nível do mar. O clima é quente e úmido, e a pluviosidade média anual é de cerca de 2.100 mm, com uma estação seca bem marcada entre o final de maio e início de setembro.

Os Kayapó são um grupo indígena pertencente ao tronco linguístico macro-Jê e à família linguística Jê, que habita a maior área de floresta preservada no sudeste da Amazônia (13 milhões de ha). A aldeia A'Ukre foi fundada em 1978 e hoje possui aproximadamente 400 habitantes. O território de A'Ukre possui pelo menos 35 castanhais e apenas cerca de 30 por cento deles são explorados para fins comerciais (capítulo 1). Embora alguns dos castanhais mais acessíveis de A'Ukre tenham sido explorados desde a década de 1950 por Kayapós de outras aldeias, a maioria dos castanhais ao seu redor começou a ser explorada intensivamente para fins de subsistência e comerciais apenas depois da fundação da aldeia. Os castanhais mais distantes da aldeia não são explorados e, em alguns casos, até mesmo desconhecidos pelos Kayapó. Nos castanhais desconhecidos pelos Kayapó, também não há atividade de caça. A aldeia A'Ukre vendeu óleo de

castanha para a empresa de cosméticos Inglesa *The Body Shop* entre 1991 e 2003 (Morsello 2002), e desde 2005 está envolvida em uma iniciativa de certificação e comercialização de castanha *in natura* liderada pela *Associação Floresta Protegida* (AFP), uma organização indígena local. Apesar de seu histórico de contato com a sociedade envolvente, os Kayapó ainda falam seu idioma nativo, usam pinturas corporais e praticam seus rituais tradicionais, e subsistem da agricultura de corte e queima, da caça e da pesca. Além disso, realizam longas caçadas cerimoniais que duram semanas ao menos uma vez por ano, e caçadas diárias são parte da rotina diária da maioria dos homens (Peres & Nascimento 2006).

DESENHO EXPERIMENTAL – O experimento de remoção de sementes de castanha foi realizado em abril de 2010, em seis castanhais localizados na aldeia A'Ukre – três onde os Kayapó têm constantemente coletado castanhas e caçado nos últimos 30 anos, e três onde não ocorre coleta de castanha e caça (Fig. 1). Os castanhais foram escolhidos com base em informações obtidas com informantes Kayapó durante pesquisas de campo desde Outubro de 2007. Os três castanhais coletados e caçados estão localizados a uma distância máxima de 4,3 km a partir da aldeia A'Ukre e são necessárias de uma a duas horas de caminhada para chegar até eles. Estes castanhais têm suas castanhas coletadas todos os anos e suas trilhas são freqüentemente utilizadas para caçadas diárias. Os três castanhais não-coletados e não-caçados localizam-se a uma distância maior do que 8,9 km de A'Ukre e não podem ser acessados por terra a partir da aldeia. Um deles (*Pinkeiti*) está localizado cerca de 12 km a montante de A'Ukre, na estação de pesquisas Pinkeiti, na qual os Kayapó não caçam ou coletam castanhas (Zimmerman *et al.* 2001). O segundo (*Kroat*) localiza-se a aproximadamente 9 km a jusante de A'Ukre e estava isolado desde 2009, quando uma família Kayapó estabeleceu uma roça a 5 km dele. O terceiro castanhal não-coletado e não-caçado era desconhecido pelos Kayapó de A'Ukre até 2010, quando nós o detectamos a partir de uma imagem de satélite de alta resolução da área (capítulo 1).

Em cada castanhal estabelecemos 20 estações, cada qual com 20 sementes. As estações foram distribuídas uniformemente ao longo de duas transeções paralelas distantes 100 m entre si, somando o total de 400 sementes em cada castanhal. Em cada estação foram colocadas dez sementes juntas sobre o solo e dez enterradas 3 cm abaixo da superfície do solo. As sementes dos dois tratamentos foram posicionadas 10 m distantes entre si em cada estação (Fig. 2). As estações foram checadas dois dias após a implantação do experimento e as sementes restantes foram

contadas. Este período foi escolhido porque outros experimentos com remoção de castanhas mostraram que a maioria das sementes é removida em menos de uma semana (Peres & Baider 1997, Peres *et al.* 1997, Tuck Haugaasen *et al.* 2010, Solorzano-Filho 2009). Os efeitos da coleta/caça e do tratamento no número de sementes removidas e no número de estações nas quais sementes foram removidas em cada castanhal foram testados com análises de variância aninhadas (ANOVA aninhada), com os castanhais aninhados dentro dos níveis de coleta/caça.

Nós estimamos a densidade de plântulas de castanha (até 2 m de altura) a partir de uma transeção linear que cruzava cada castanhal onde o experimento foi realizado. O tamanho da transeção variou entre os castanhais (900 – 1.340 m), dependendo do tamanho do castanhal. Em cada transeção, contamos e medimos todas as plântulas de castanha avistadas e medimos suas distâncias perpendiculares à transeção. As densidades foram estimadas com o programa DISTANCE (Buckland *et al.* 2001), com as distâncias de detecção truncadas em 2 m para cada lado das transeções. Para cada tratamento, testamos se a densidade de plântulas de castanha estava relacionada ao número de sementes removidas e ao número de estações nas quais sementes foram removidas, utilizando regressões lineares simples.

Para investigar a magnitude da caça praticada pelos Kayapó nos castanhais, especialmente sobre as cutias, que são o principal predador e dispersor natural das sementes de castanha, conduzimos entrevistas semi-estruturadas com 64 caçadores Kayapó. Durante as entrevistas, perguntamos aos Kayapó se eles caçavam nos castanhais, se eles caçavam cutias e se eles já haviam matado alguma cutia dentro de castanhais.

RESULTADOS

A remoção de sementes não enterradas foi menor em castanhais coletados/caçados do que em castanhais não-coletados/não-caçados (Tabela 1). Houve um efeito significativo da coleta/caça ($F_{1,4} = 22,3$, $P = 0,009$) na proporção de sementes removidas, e não houve interação significativa entre o tratamento e a coleta/caça ($F_{1,4} = 4,05$, $P = 0,114$). Embora não significativo ($F_{1,4} = 5,70$, $P = 0,075$), houve evidência de um efeito do tratamento; menos sementes enterradas foram removidas do que sementes localizadas na superfície do solo (Tabela 1). Houve um efeito significativo da coleta/caça ($F_{1,4} = 34,6$, $P = 0,004$) e uma interação significativa entre o

tratamento e a coleta/caça ($F_{1,4} = 10,3$, $P = 0,033$) na proporção de estações nas quais sementes foram removidas (Tabela 2).

Devido à interação significativa entre a coleta/caça e o tratamento na proporção de estações nas quais sementes foram removidas, a relação entre remoção e densidade de plântulas foi analisada separadamente para sementes enterradas e não-enterradas. Para sementes não-enterradas (Fig. 3), a densidade de plântulas (D) nos castanhais foi negativamente relacionada à proporção de estações nas quais sementes foram removidas (ES; $D = 43,24 - 0,53$ ES, $r^2=0,726$, $F_{1,4}=10,6$, $P=0,031$), e à proporção de sementes removidas (SR; $D = 40,81 - 0,63$ SR, $r^2=0,646$, $F_{1,4}=7,3$, $P=0,054$). Para sementes enterradas, não houve relação significativa entre a densidade de plântulas e a proporção de estações nas quais sementes foram removidas ($r^2=0,445$, $F_{1,4}=3,2$, $P=0,148$), ou a proporção de sementes removidas ($r^2=0,025$, $F_{1,4}=0,1$, $P=0,763$). A relação entre a proporção total de estações nas quais sementes foram removidas, independente do tratamento, e a densidade de plântulas nos castanhais foi negativa e significativa ($D = 51,5 - 0,72$ ES, $r^2=0,729$, $F_{1,4}=10,7$, $P=0,031$).

Dos 64 caçadores Kayapó entrevistados, 70,3 por cento declararam que caçam cutias, na maioria dos casos oportunisticamente, 93,8 por cento disseram que caçam regularmente em castanhais (todos os homens acima de 30 anos de idade disseram que caçam em castanhais), e 56,3 por cento declararam já ter caçado pelo menos uma cutia nos castanhais.

DISCUSSÃO

A remoção de castanhas não enterradas em nossa área de estudo foi consideravelmente menor em castanhais que sofrem coleta de sementes e caça do que em castanhais onde não ocorre coleta e caça, mesmo considerando-se a menor disponibilidade de sementes em castanhais explorados. Embora as diferenças observadas na remoção de sementes entre castanhais explorados e não-explorados possa ser causada por diferenças no comportamento de forrageamento de predadores relacionadas à abundância de recursos (Peres *et al.* 1997; mas ver Jorge & Howe 2009), é provável que a menor remoção de sementes em castanhais explorados seja principalmente devido à baixa densidade de predadores e dispersores de castanha nestes locais em decorrência da caça (Galetti *et al.* 2006, Stoner *et al.* 2007).

Os Kayapó de A'Ukre realizam freqüentemente caçadas diárias aos castanhais, e os caçadores raramente atingem distâncias maiores do que alguns poucos quilômetros da aldeia. Como resultado, a densidade da maioria das espécies caçadas nos arredores de A'Ukre é muito menor do que em áreas mais remotas (Peres & Nascimento 2006). A densidade de cutias estimada por Peres & Nascimento (2006) entre 1994 e 1996 foi 3,4 vezes menor nas proximidades da aldeia (até 5,5 km de distância da aldeia) do que em uma área distante 12 km. A população atual de A'Ukre é quase três vezes maior do que a população na época em que o estudo de Peres & Nascimento (2006) foi realizado e, conseqüentemente, espera-se que a pressão de caça atual nos arredores da aldeia seja muito maior do que a reportada por eles. Assim, as densidades atuais de mamíferos de médio a grande porte, os quais são potenciais predadores e dispersores de sementes de castanha, como cutias, pacas, macacos-prego, veados e queixadas, devem ser consideravelmente menores em castanhais explorados e próximos à A'Ukre do que em castanhais distantes e não-explorados. Embora pequenos mamíferos (especialmente *Proechimys* sp.) possam também preda e dispersar sementes de castanha, suas densidades não parecem ser afetadas pela caça ou pela coleta de castanhas nos castanhais de A'Ukre (Solorzano-Filho 2009).

Nossos resultados mostraram que a remoção de sementes de castanha foi negativamente correlacionada à densidade de plântulas de castanha. O fato de castanhais explorados apresentarem altas densidades de plântulas, mesmo com uma menor disponibilidade de sementes, foi atribuído à dispersão de castanhas pelos coletores Kayapó ou a uma redução na mortalidade dependente de densidade de plântulas e sementes em um estudo anterior (capítulo 2). No entanto, o resultado do presente estudo sugere que a caça praticada pelos Kayapó, ou possivelmente apenas sua presença nos castanhais, reduz a densidade de predadores de sementes de castanha, como cutias, queixadas, pacas e macacos-prego, aumentando assim a sobrevivência das sementes (ver Wright *et al.* 2000, Dirzo *et al.* 2007, Stoner *et al.* 2007). Os resultados obtidos corroboram o resultado do estudo de Peres *et al.* (2003), no qual a abundância de herbívoros de grande porte parece afetar negativamente o recrutamento de plântulas em castanhais ao longo da Amazônia. Já que as plântulas de castanha dependem do endosperma da semente para sua sobrevivência por um longo período de seu desenvolvimento, elas também são vulneráveis aos predadores de sementes. Baidar (2000) mostrou que a predação de partes ou a remoção total de sementes que estão ligadas às plântulas foram responsáveis por 53 por cento da mortalidade de plântulas em um castanhal não-explorado de A'Ukre.

No entanto, para a castanha-da-Amazônia, a remoção de sementes não pode ser considerada apenas como mortalidade, já que o principal predador de sementes e plântulas é também o maior dispersor de sementes (Baider 2000, Tuck Haugaasen *et al.* 2010). Embora nós tenhamos usado apenas as sementes da castanha, que são mais prováveis de serem encontradas e predadas por outros animais, como pequenos roedores (Peres & Baider 1997), do que os frutos intactos, experimentos semelhantes com sementes de castanha marcadas mostraram que as cutias eram os principais responsáveis pela remoção (Baider 2000, Tuck Haugaasen *et al.* 2010). A proporção de sementes dispersas em relação às sementes predadas por cutias depende da escassez de alimento (Forget *et al.* 2002, Jorge & Howe 2009, Tuck Haugaasen *et al.* 2010) e, devido à menor disponibilidade de castanhas nos castanhais explorados, é esperado que relativamente menos sementes sejam dispersas do que predadas nestes locais. Um possível mecanismo que explicaria parcialmente a alta densidade de plântulas regenerando nos castanhais explorados, mesmo considerando que estes locais provavelmente tenham menos sementes dispersas, é o momento em que as cutias são caçadas. As cutias enterram proporcionalmente muito mais sementes durante a estação chuvosa (Tuck Haugaasen *et al.* 2010), quando os frutos de castanha caem, de novembro a março na nossa área de estudo. Já que a maioria das cutias é caçada nos castanhais explorados durante a estação de coleta de castanhas (mais atividade de cutias e visitas mais frequentes dos coletores Kayapó), os Kayapó podem caçar as cutias durante o processo de dispersão. Se uma cutia que enterrou uma castanha é caçada, esta semente provavelmente terá uma maior chance de sobrevivência, aumentando assim a probabilidade de recrutamento (T. Haugaasen, com. pess.). Embora a pilhagem de castanhas enterradas por outras cutias pareça ser frequente (Haugaasen & Tuck Haugaasen 2010), a pressão de caça pode reduzir a pilhagem por reduzir a densidade dos predadores de sementes responsáveis por ela.

Nós não detectamos diferenças na remoção de sementes enterradas entre castanhais explorados e não-explorados. No entanto, como as cutias provavelmente procuram por sementes enterradas apenas após as sementes expostas se tornarem escassas (Tuck Haugaasen *et al.* 2010), um experimento mais longo, ou repetir o experimento em uma estação de escassez de alimentos, poderia revelar um efeito nas sementes enterradas.

Sabe-se que a caça de cutias pode reduzir a regeneração de outras espécies de árvores devido à redução na dispersão de sementes (Forget & Jansen 2007). A cutia é o dispersor mais importante de sementes de castanha (Baider 2000, Tuck Haugaasen *et al.* 2010), mas como ela é

também o principal predador desta espécie, provavelmente seria necessária uma pressão de caça muito alta, que resultasse em densidades de cutias extremamente baixas ou até mesmo sua extinção local, para que houvesse uma redução no recrutamento de plântulas nos castanhais (mas ver Shepard Jr. & Ramirez 2011). Embora nossos resultados indiquem que a caça associada à coleta de castanha aumenta a regeneração de plântulas de castanha nos castanhais explorados da TI Kayapó, os mecanismos que resultam neste aumento ainda não estão claros. A relação entre a castanha e a dispersão e predação de sementes é complexa, e somando os efeitos da coleta e da caça, ela torna-se ainda mais difícil de decifrar. Futuros experimentos investigando o destino das sementes removidas em castanhais com diferentes intensidades de coleta e de caça, assim como a quantificação detalhada da densidade de predadores e dispersores de castanha nestes locais, serão necessários para entender os mecanismos pelos quais as atividades associadas à coleta de castanha promovem o recrutamento de plântulas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a K. Kato, O. Kayapó (*in memorium*), N.V. Sales e B. Kayapó pela ajuda no trabalho de campo; à comunidade de A'Ukre por permitir que conduzíssemos nossa pesquisa em seu território e por compartilhar informações preciosas sobre a ecologia de *B. excelsa*; a T. Hugaasen pelas idéias e comentários valiosos sobre este manuscrito; e a W. Spironello pela ajuda com o DISTANCE. Este estudo foi financiado pelo Institut de Recherche Pour le Développement (IRD) e por bolsas concedidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Conservação Internacional do Brasil (CI-Brasil) e Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) / Gordon and Betty Moore Foundation. Todo o suporte logístico foi fornecido pela Associação Floresta Protegida (AFP). As imagens de satélite SPOT foram cedidas pelo SEAS-Guiane/IRD.

LITERATURA CITADA

BAIDER C., 2000. Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

- BUCKLAND, S. T., D. R. ANDERSON, K. P. BURNHAM, J. L. LAAKE, D. L. BORCHERS, E. L. THOMAS. 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford.
- CLAY, J. W. 1997. Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. *In* Freese, C.H. (ed.). Harvesting wild species – implications for biodiversity and conservation, pp. 246–282. John Hopkins University Press, Baltimore.
- DIRZO, R., E. MENDOZA, E P. ORTIZ. 2007. Size-related differential seed predation patterns in a heavily defaunated Neotropical rain forest. *Biotropica* 39: 355–362.
- FORGET, P. M. 1990. Seed dispersal of *Vouacapoua americana* (Caesalpiniaceae) by caviomorph rodents in French Guiana. *J. Trop. Ecol.* 6: 459–468.
- FORGET, P. M. 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *J. Trop. Ecol.* 12: 751–761.
- FORGET, P. M., E P. A. JANSEN. 2007. Hunting increases dispersal limitation in the tree *Carapa procera*, a nontimber forest product. *Conserv. Biol.* 21: 106–113.
- FORGET, P. M., D. HAMMOND, T. MILLERON, E R. THOMAS. 2002. Seasonality of fruiting and food hoarding by rodents in Neotropical forests: consequences for seed dispersal and seedling recruitment. *In* Levey, D. J., Silva, W. R. & Galetti, M. (eds.). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation, pp. 241–253. CABI Publishing, Wallingford.
- GALETTI, M., C. I. DONATTI, A. S. PIRES, P. R. GUIMARÃES JR, E P. JORDANO. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: The combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Bot. J. Linn. Soc.* 151: 141–149.
- HAUGAASEN, T., E J. M. TUCK HAUGAASEN. 2010. Cache pilferage may be prominent in Neotropical forests. *Mammalia* 74: 423-425.
- JANSEN, P. A., E P. M. FORGET. 2001. Scatterhoarding rodents and tree regeneration. *In* Bongers, F., Charles-Dominique, P., Forget, P. M. & Th'ery, M. (eds.). *Noruges: dynamics and plant animal interactions in a neotropical rainforest*, pp. 275–288. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- JANZEN, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 2: 465–492.
- JORGE, M. L. S. P., E H. F. HOWE. 2009. Can forest fragmentation disrupt a conditional mutualism? A case from central Amazon. *Oecologia* 161: 709-718.

- JORGE, M. S. P., E C. A. PERES. 2005. Population density and home range size of red-rumped agoutis (*Dasyprocta leporina*) within and outside a natural Brazil nut stand in Southeastern Amazonia. *Biotropica* 37: 317-321.
- MORI, S. A. 1992. The Brazil nut industry – past, present and future. *In* Plotkin, M. & Farmocare, L. (eds). Sustainable harvest and marketing of rain forest products, pp. 241–251. Island Press, Washington.
- MORI, S. A., E G. T. PRANCE. 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Econ. Bot.* 8: 130-150.
- MORSELLO, C. 2002. Market Integration and Sustainability in Amazonian Indigenous Livelihoods: The Case of the Kayapó, pp. 301. Tese de Doutorado. School of Environmental Sciences of the University of East Anglia. East Anglia, UK.
- ORTIZ, E.G. 2002. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*). *In* P. Shanley, A. R. Pierce, S. A. Laird, e S. A. Guillen (Editores). Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products, pp. 61-74. People and plants conservation series. Earthscan: London.
- PERES, C. A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conserv. Biol.* 14: 240–253.
- PERES, C. A., E C. BAIDER. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in Southeastern Amazonia. *J. Trop. Ecol.* 13:595-616.
- PERES, C. A., L. C. SCHIESARI, E C. L. DIAS-LEME. 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *J. Trop. Ecol.* 13: 69-79.
- PERES, C. A., E H. S. NASCIMENTO. 2006. Impact of game hunting by the Kayapó of Southeastern Amazonia: Implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. *Biodiversity Conserv.* 15: 2627-2653.
- PERES, C. A., C. BAIDER, P. A. ZUIDEMA, L. H. O. WADT, K. A. KAINER, D. A. P. GOMES-SILVA, R. P. SALOMÃO, L. L. SIMÕES, E. R. N. FRANCIOSI, F. C. VALVERDE, R. GRIBEL, G. H. SHEPARD JR., M. KANASHIRO, P. COVENTRY, D. W. YU, A. R. WATKINSON, E R. P.

- FRECKLETON. 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302: 2112-2114.
- SALM, A. R. 2004. Tree species diversity in a seasonally-dry forest: the case of the Pinkaití site, in the Kayapó Indigenous Area, southeastern limits of the Amazon. *Acta Amazon.* 34: 435-443.
- SHEPARD JR., G. H., E H. RAMIREZ. 2011. “Made in Brazil”: Human dispersal of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. *Econ. Bot.* 65: 44-65.
- SHUPP, E. W. 1992. The Janzen-Connell Model for Tropical Tree Diversity: Population Implications and the Importance of Spatial Scale. *Am. Nat.* 140: 526-530.
- SOLORZANO-FILHO, J. A. 2009. On small mammal sympatry in the Southeastern Amazon and ecological relationships with Brazil nut dispersal and harvesting. Tese de Doutorado. University of Toronto, Toronto.
- STONER, K. E., K. VULINEC, S. J. WRIGHT, E C. A. PERES. 2007. Hunting and Plant Community Dynamics in Tropical Forests: A Synthesis and Future Directions. *Biotropica* 39: 385–392.
- TUCK HAUGAASEN, J. M., T. HAUGAASEN, C. A. PERES, R. GRIBEL, E P. WEGGE. 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *J. Trop. Ecol.* 26: 251-262.
- TUCK HAUGAASEN, J. M., T. HAUGAASEN, C. A. PERES, R. GRIBEL, E P. WEGGE. 2011. Fruit Removal and Natural Seed Dispersal of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica*. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2011.00796.x
- WADT, L. H. O., K. A. KAINER, C. L. STAUDHAMMER, E R. O. P. SERRANO. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biol. Conserv.* 141: 332-346.
- WRIGHT, S. J. 2003. The myriad effects of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 6: 73–86.
- WRIGHT, S. J., H. ZEBALLOS, I. DOMINGUEZ, M. M. GALLARDO, M. C. MORENO, E R. IBÁÑEZ. 2000. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal and seed predation in a Neotropical forest. *Conserv. Biol.* 14: 227–239.

- ZIMMERMAN, B., C. A. PERES, J. R. MALCOLM, E T. TURNER. 2001. Conservation and Development Alliances with the Kayapó of South-eastern Amazonia, a Tropical Forest Indigenous People. *Environ. Conserv.* 28: 10-22.
- ZUIDEMA, P. A., E R. G. A. BOOT. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: Impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *J. Trop. Ecol.* 18: 1-31.

TABELA 1. *Características dos castanhais da aldeia Kayapó A'Ukre, TI Kayapó, nos quais foram conduzidos experimentos de remoção de sementes, e resultados dos experimentos de remoção para os tratamentos “sementes enterradas” (E) e “sementes não enterradas” (NE). E /C= castanhais explorados e caçados, NE/NC = castanhais não-explorados e não-caçados.*

Castanhal	Categoria de uso	Distância linear de A'Ukre (km)	Densidade de plântulas (ind/ha)	Densidade de castanheiras adultas (ind/ha)	% de sementes removidas (E)	% de estações com sementes removidas (E)	% de sementes removidas (NE)	% de estações com sementes removidas (NE)
1. Piykôny	E/C	3,95	20,5	3,6	19,0	50,0	23,0	40,0
2. Ataikot	E/C	2,68	35,1	2,6	19,5	25,0	19,0	20,0
3. Kubenhet	E/C	4,26	21,2	3,0	24,5	45,0	25,0	35,0
4. Pinkeití	NE/NC	13,81	21,2	3,7	32,0	45,0	42,5	60,0
5. Kroat	NE/NC	9,81	2,7	2,4	20,0	45,0	49,5	65,0
6. Motuktikré	NE/NC	8,99	14,4	1,0	40,0	55,0	47,0	55,0

TABELA 2. Resultados das ANOVAs aninhadas testando o efeito do uso do castanhal (coleta/caça) e do tratamento (enterradas/não enterradas) na proporção de sementes removidas e na proporção de estações nas quais sementes foram removidas, em seis castanhais da aldeia A'Ukre, TI Kayapó, sudeste da Amazônia.

Sementes removidas					
Fonte	Soma de quadrados	gl	Média dos quadrados	F	P
Uso do castanhal	216,75	1	216,75	5,70	0,009
Tratamento	850,08	1	850,08	22,35	0,075
Tratamento * Uso do castanhal	154,08	1	154,08	4,05	0,114
Castanhal (Uso do castanhal)	112,83	4	28,21	0,74	0,611
Erro	152,17	4	38,04		
Estações nas quais sementes foram removidas					
Fonte	Soma de quadrados	gl	Média dos quadrados	F	P
Uso do castanhal	1008,33	1	1008,33	34,57	0,004
Tratamento	8,33	1	8,33	0,29	0,621
Tratamento * Uso do castanhal	300,00	1	300,00	10,29	0,033
Castanhal (Uso do castanhal)	566,67	4	141,67	4,86	0,077
Erro	116,67	4	29,17		

LEGENDAS DAS FIGURAS

FIGURA 1. Localização da aldeia A'Ukre e dos seis castanhais explorados e não explorados nos quais foram conduzidos experimentos de remoção de sementes. Os números dos castanhais equivalem àqueles da Tabela 1.

FIGURA 2. Delineamento espacial do experimento de remoção de sementes conduzido em seis castanhais da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. Círculos abertos representam estações com sementes não enterradas e círculos fechados, estações com sementes enterradas.

FIGURA 3. Relação entre a densidade de plântulas de castanha e a porcentagem total de sementes removidas (A), e entre a densidade de plântulas e a porcentagem de estações nas quais sementes foram removidas (B), para sementes enterradas, em castanhais explorados (círculos) e em castanhais não-explorados (triângulos) da aldeia A'Ukre, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.

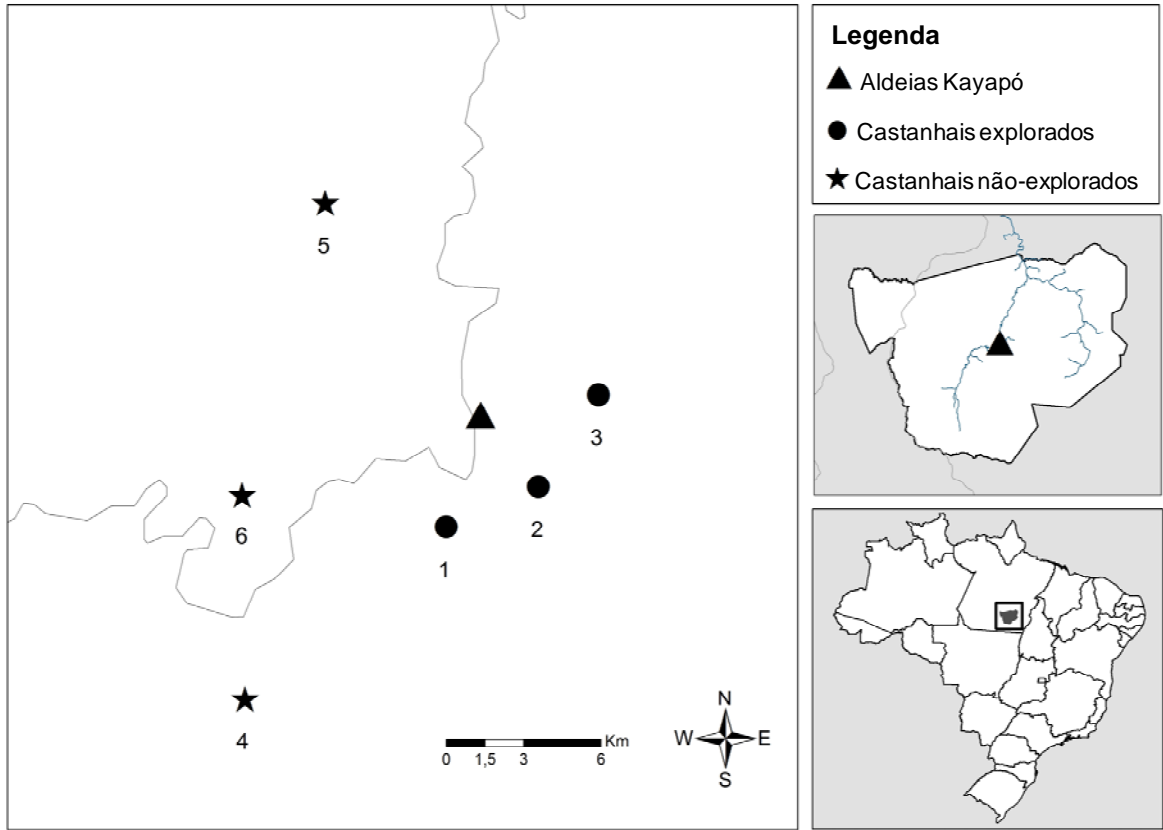


FIGURA 1.

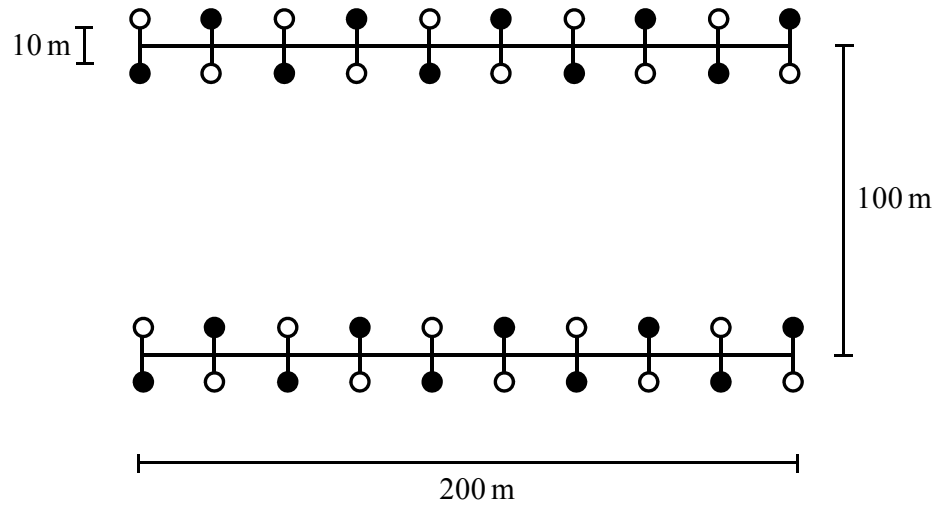


FIGURA 2.

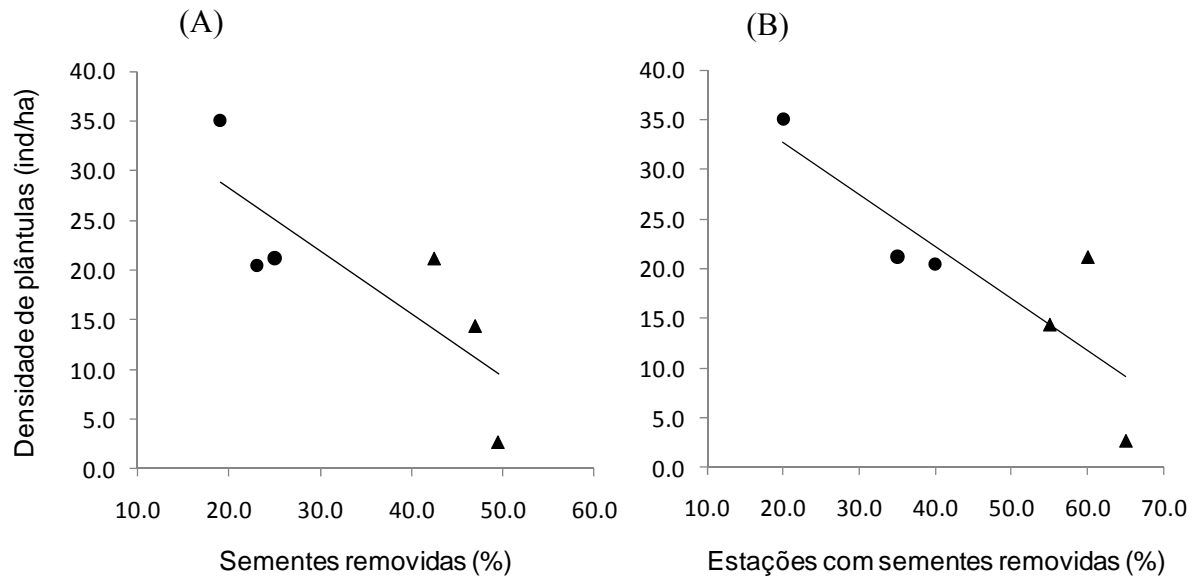


FIGURA 3.

Capítulo 4

Ribeiro, M.B.N., Jerozolinski, A. & Magnusson, W.E. Spatial variation in population dynamics of Brazil nut, *Bertholettia excelsa*. Manuscrito formatado para *Ecological Applications*.

**Variação espacial na dinâmica populacional da castanha-da-Amazônia,
*Bertholletia excelsa***

MARIA BEATRIZ N. RIBEIRO^{1,2,4}, ADRIANO JEROZOLIMSKI³ E WILLIAM E. MAGNUSSON²

¹ *Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.*

² *Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, 69011-970 Manaus, AM, Brasil.*

³ *Associação Floresta Protegida (AFP), Rua do Café, 201, Setor Morumbi, Tucumã, PA, 68385-000, Brazil.*

⁴ Autor correspondente: Email: ribeiro.mbn@gmail.com / maria.beatriz@inpa.gov.br

Running head: Variação espacial na dinâmica populacional da castanha-da-Amazônia.

Resumo. A coleta de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*) é uma das atividades extrativistas mais importantes na Floresta Amazônica, e há grande interesse em avaliar os impactos da exploração de sementes na manutenção das populações de castanha exploradas. Modelos de crescimento populacional têm sido freqüentemente utilizados como ferramenta para avaliar os impactos das atividades humanas nas espécies exploradas. No entanto, a variação espacial nos parâmetros populacionais das espécies afeta a validade das extrapolações dos modelos populacionais para áreas que não foram incluídas na parametrização dos modelos. Embora estimativas dos parâmetros populacionais para a castanha-da-Amazônia tenham sido realizadas em diversas áreas da Amazônia, não há informação sobre a variação nos parâmetros populacionais em média escala (dezenas a centenas de quilômetros), o que pode limitar as conclusões provenientes dos modelos. Neste estudo, nós investigamos como a dinâmica populacional de *B. excelsa* varia em média escala por meio da avaliação da variação na densidade, no crescimento, na mortalidade e na estrutura de tamanho das castanheiras entre castanhais localizados nos territórios de três aldeias indígenas na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. O crescimento médio de plântulas nos castanhais e a área dos castanhais variaram significativamente entre as aldeias estudadas, enquanto a mortalidade de plântulas e a densidade de castanheiras adultas variaram tanto entre as aldeias quanto entre os castanhais localizados nos territórios de uma mesma aldeia. A estrutura populacional variou significativamente entre castanhais, porém não variou entre diferentes aldeias. Como os parâmetros populacionais de *B. excelsa* variaram muito entre castanhais e entre regiões distantes mais de dezenas de quilômetros, modelos demográficos simples, como têm sido utilizados nos estudos realizados até então, não são adequados para guiar ações de conservação para proteger efetivamente as populações de castanha-da-Amazônia, e futuros estudos devem utilizar modelos que considerem processos populacionais de forma espacialmente explícita ao longo da paisagem.

Abstract. Collection of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) is one of the most important extractive activities in the Amazon forest, and there is great interest in evaluating the impacts of seed harvesting on the maintenance of harvested Brazil-nut populations. Models of population growth have frequently been used as tools to evaluate impacts of human activities on exploited species. However, spatial variation in population parameters affects the validity of extrapolations of population models to areas that were not included in the parameterization of the models. Although estimates of population parameters for Brazil-nut have been made in diverse areas of the Amazon forest, there is no information on mesoscale (tens to hundreds of kilometers) variability in population parameters, which may limit the generalizations provided by population models. Here, we investigated how population dynamics of *B. excelsa* varies at mesoscales by evaluating variation in density, growth, mortality and size structure of Brazil-nut trees among Brazil-nut groves in the vicinities of three villages located in Kayapó Indigenous Land, Southeastern Amazonia. Average growth of seedlings in groves and areas of groves varied significantly between villages, while seedling mortality and density of Brazil-nut trees varied both among villages and among groves within villages. Population structure varied significantly between Brazil-nut groves, but did not vary among villages. As population parameters for *B. excelsa* vary greatly among groves and regions distant no more than tens of kilometers, simple demographic models, as have been used in all studies to date, are not adequate to guide conservation actions to protect Brazil-nut populations, and future studies should use models that take into account spatially-explicit population processes across the landscape.

Palavras-chave: Amazônia; crescimento; densidade; espacialmente explícito; estrutura populacional; modelos demográficos; mortalidade.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a variabilidade espacial deve ser considerada na modelagem de sistemas ecológicos (Mills et al. 1999, Hewitt et al. 2007, Fink et al. 2010, Qian et al. 2010, Freckleton et al. 2011). A heterogeneidade espacial em parâmetros populacionais de escalas locais até escalas de paisagem ocorre para organismos que vão desde invertebrados marinhos até animais e plantas terrestres (Alvarez-Buylla 1994, Horvitz e Shemske 1995, Ghizoni Jr. et al. 2005, Lester et al. 2007, Gaoue e Ticktin 2010). Modelos de matrizes populacionais (Caswell 1989) têm sido amplamente utilizados para prever o crescimento e a persistência de populações de plantas sujeitas a diferentes atividades antropogênicas (Bruna 2003, Zuidema 2000, Freckleton et al. 2003, Gaoue e Ticktin 2010). No entanto, embora alguns estudos tenham incluído a heterogeneidade espacial das taxas vitais das populações (por ex. taxas de crescimento e mortalidade) nos modelos (Horvitz e Shemske 1995, Alvarez-Buylla 1994), a maioria deles não incorporou variações espaciais nos parâmetros populacionais. Em muitos casos, a não consideração da heterogeneidade espacial pode levar a conclusões equivocadas e, em todos os casos, limita a extrapolação destes modelos para áreas geográficas mais amplas (Mills et al. 1999, Hewitt et al. 2007, Freckleton et al. 2011).

Para a castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*), que é um dos principais produtos florestais não-madeireiros da Floresta Amazônica (Clay 1997), os modelos de matrizes têm sido utilizados para avaliar o impacto da coleta de sementes em populações naturais (Zuidema e Boot 2002, Peres et al. 2003). Um destes estudos utilizou parâmetros demográficos estimados em apenas dois locais na Amazônia boliviana, os quais foram extrapolados para toda a distribuição geográfica da espécie (Peres et al. 2003). Os parâmetros populacionais de *B. excelsa*, como a densidade de indivíduos, o crescimento, a abundância de indivíduos e a fecundidade variam consideravelmente entre diferentes regiões amazônicas (DHV 1993, Viana et al. 1998, Baidier 2000, Zuidema e Boot 2002, Wadt et al. 2005, Kainer et al. 2006, Cotta et al. 2008, Wadt et al. 2008, Scoles 2010). Esta variação em grande escala limita a confiabilidade das extrapolações dos modelos demográficos baseados em apenas um ou poucos castanhais para amplas regiões geográficas.

Como os estudos realizados anteriormente foram baseados em muito poucos castanhais por região, as diferenças nas características demográficas das populações podem ser devidos não apenas à variação regional, mas também à amostragem inadequada em média escala ($\approx 1-100 \text{ km}^2$), que reflete diferenças entre paisagens locais. As castanheiras

normalmente ocorrem em sub-populações discretas (castanhais) distribuídas na paisagem (Mori e Prance 1990), e variações nos parâmetros demográficos entre elas podem limitar a aplicação de modelos demográficos não espacialmente explícitos até mesmo para regiões geográficas pequenas. A distribuição dos castanhais (capítulo 1), assim como a produção de frutos pelas castanheiras (Kainer et al. 2007), podem variar consideravelmente em distâncias relativamente pequenas. No entanto, pouco se sabe sobre a variação de parâmetros demográficos entre os castanhais em média escala.

Neste estudo, nós avaliamos a magnitude da variação em parâmetros demográficos de *B. excelsa* em média escala em uma Terra Indígena no sudeste da Amazônia. Especificamente, avaliamos a variabilidade na densidade, no crescimento, na mortalidade e na estrutura de tamanho de castanheiras, bem como na área dos castanhais, tanto entre castanhais localizados em três sub-regiões de Terra Indígena, quanto entre castanhais localizados dentro de cada uma dessas sub-regiões.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e espécie estudada

Conduzimos este estudo nos territórios de três aldeias Kayapó – A'Ukre (07°41'43''S, 51°52'53''W), Moikarakô (07°26'11''S, 51°48'57''W) e Kikretum (07°08'17''S, 51°39'26''W), localizadas na Terra Indígena Kayapó, uma reserva de 3.284.005 ha no sul do Estado do Pará, sudeste da Amazônia (Fig. 1). Estas aldeias estão localizadas nas margens dos Rios Riozinho e Fresco, que são afluentes de segunda e primeira ordem do Rio Xingu, respectivamente. A'Ukre, a aldeia localizada mais ao sul, e Kikretum, a aldeia localizada mais ao norte, estão distante uma da outra aproximadamente 65 km. Os limites exatos dos territórios de cada uma das aldeias não são claramente definidos, porém existem acordos políticos entre os caciques das aldeias quanto ao uso dos recursos naturais por cada aldeia. No caso da castanha, os territórios de coleta são aproximadamente de 15 a 20 km ao redor de cada aldeia. A geomorfologia é diferente nas proximidades de cada aldeia, e assim, as paisagens nas quais os castanhais estão inseridos variam.

A Terra Indígena Kayapó está localizada na região de transição entre a Floresta Amazônica e os cerrados do Brasil central. A vegetação dominante na região é a floresta semi-decídua, alternada por um mosaico de diferentes tipos de vegetação que variam em

estrutura e composição (Salm 2004, Zimmerman et al. 2001), incluindo florestas inundadas e de terra firme, florestas com dossel baixo e aberto (ex. florestas de bambus e de palmeirais), florestas com dossel alto e contínuo (ex. castanhais e florestas de Mogno), manchas de cerrado e vegetação xérica associada a afloramentos rochosos. A altitude da Terra Indígena Kayapó varia de 200 a 500 m e o clima de região é quente e úmido, com uma estação seca bem definida entre os meses de maio e setembro. A pluviosidade anual é de cerca de 2100 mm e as temperaturas médias mensais máxima e mínima são 34,2°C e 18,1°C, respectivamente (Jerzolimski 2005).

A castanha-da-Amazônia é abundante na Terra Indígena Kayapó (capítulo 1) e sua coleta e comercialização representam uma das principais atividades econômicas para muitas aldeias Kayapó. As castanheiras ocorrem em florestas de terra firme do Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas (Mori e Prance 1990, Peres et al. 2003), e são normalmente distribuídas em aglomerados de 50 a mais de 300 indivíduos (Mori 1992, capítulo 1), embora elas também possam estar distribuídas de forma não agregada na paisagem com densidades de indivíduos relativamente baixas em algumas áreas (Wadt et al. 2005). A castanha-da-Amazônia é uma das maiores e mais longevas espécies emergentes da Floresta Amazônica, podendo atingir até 50 m de altura, 5 m de diâmetro à altura do peito (Mori e Prance 1990) e viver até 1000 anos (Vieira et al. 2005). Os frutos da castanha, os quais contêm entre 10 e 30 sementes (Baider 2000), caem durante a estação chuvosa e são extremamente duros. Poucos animais conseguem abrir os frutos, incluindo as cutias (*Dasyprocta spp.*), que são os principais predadores e dispersores desta espécie (Baider 2000, Tuck Haugeaasen et al. 2010). O recrutamento de castanheiras em florestas naturais ocorre preferencialmente em clareiras (Myers et al. 2000).

Desenho amostral

Para estimar as taxas de crescimento e mortalidade de *B. excelsa*, marcamos e medimos a altura (no caso de indivíduos com até 2 m de altura), ou o diâmetro à altura do peito (DAP; para indivíduos com mais de 2 m de altura), de 880 indivíduos de castanha em 11 castanhais, quatro dos quais localizados no território da aldeia A'Ukre (AUK), três no território da aldeia Moikarakô (MKK) e quatro no território da aldeia Kikretum (KKT). Dos indivíduos marcados, 231 eram plântulas (< 2 m de altura), 164 eram indivíduos com mais de 2 m de altura e menos de 60 cm de DAP, e 485 eram indivíduos adultos já reprodutivos (DAP

≥ 60 cm). Todos os indivíduos, incluindo plântulas, jovens e adultos, foram marcados com placas de alumínio e sua coordenada geográfica foi registrada com o uso de um GPS. As placas dos indivíduos jovens e adultos foram posicionadas 30 cm acima da área onde o DAP foi medido, para facilitar a re-medição no mesmo local. Todos os indivíduos foram marcados e medidos pela primeira vez em março e abril de 2008, e re-medidos, quando vivos, entre abril e junho de 2010.

Entre abril de 2009 e julho de 2010, estimamos a densidade de indivíduos de castanha a partir de uma transeção linear cruzando cada um dos 21 castanhais – quatro no território de KKT, 12 no território de AUK e cinco no território de MKK. Em cada transeção, que variou entre 700 m e 1.400 m, dependendo do tamanho do castanhal, foi medida a altura (para plântulas) ou o DAP (para indivíduos com altura ≥ 2 m) de todos os indivíduos avistados, e suas distâncias perpendiculares a partir da transeção foram registradas. Estimamos as densidades de plântulas (altura < 2 m), jovens ($10 < \text{DAP} < 60$ cm), e adultos reprodutivos ($\text{DAP} > 60$ cm) com o programa DISTANCE (Buckland et al. 2001). Quando o número de indivíduos detectados em uma classe de tamanho foi menor que 30, corrigimos a densidade com um fator de correção calculado com o DISTANCE utilizando todos os castanhais agrupados em uma única análise, com distâncias de detecção truncadas em 2 m, 17 m, e 30 m, para plântulas, jovens e adultos, respectivamente. A estas distâncias, a probabilidade de detecção de indivíduos calculada pelo DISTANCE foi de 87% para plântulas, 100% jovens, e 100% para adultos.

As áreas de 62 castanhais localizados nos territórios das aldeias A'Ukre, Moikarakô e Kikretum foram obtidas por meio da análise de imagens de satélite de alta resolução (SPOT) associada a dados coletados em campo. Nós visitamos nove castanhais em A'Ukre, acompanhados por coletores Kayapó experientes, entre outubro de 2007 e maio de 2008, e registramos as coordenadas geográficas de 1.101 castanheiras adultas com $\text{DAP} \geq 60$ cm. As coordenadas registradas foram plotadas em imagens de satélite SPOT 5 HRG pancromáticas (resolução 2,5 m) e multiespectrais (10 m) obtidas em 06 de abril de 2006, o que revelou padrões de castanheiras e castanhais bem evidentes nas imagens (Ribeiro et al. 2010). Isto permitiu que as áreas dos castanhais fossem estimadas e que castanhais não conhecidos pelos Kayapó fossem encontrados nas imagens, os quais posteriormente foram verificados em campo. A área dos castanhais foi calculada por meio do programa ArcGIS (Johnston et al. 2001) e castanheiras localizadas a mais de 200 m de distância não foram consideradas como parte do castanhal.

Análise dos dados

Devido ao crescimento não linear de *B. excelsa* durante a maior parte de sua vida (Fig. 2), limitamos nossas comparações do crescimento de indivíduos entre castanhais e aldeias a dois intervalos de tamanho – plântulas com até 1 m de altura e adultos com DAP de 60 a 145 cm. Estes intervalos de tamanho incluíram indivíduos com relações lineares entre tamanho e taxa de crescimento, e incluíram a maior parte dos indivíduos amostrados em cada castanhal. A classe de tamanho “adulto” incluiu os indivíduos reprodutivos (> 60 cm DAP), porém excluiu a fase na qual alguns indivíduos começaram a apresentar taxas de crescimento negativas (> 145 cm DAP), provavelmente devido à senescência (Swaine et al. 1987), não cumprindo assim a premissa de homogeneidade de variância necessária para as análises estatísticas. Nós comparamos o crescimento de plântulas e adultos entre castanhais e entre aldeias utilizando análise de variância aninhada (ANOVA aninhada). Como o crescimento dos adultos não se mostrou constante e dependia do tamanho dos indivíduos, utilizamos os resíduos da regressão do crescimento e do diâmetro das árvores para a ANOVA aninhada.

Utilizamos ANOVA para comparar as densidades de indivíduos adultos de *B. excelsa* (≥ 60 cm DAP) nos castanhais, a área dos castanhais e a mortalidade de plântulas de castanha com até 2 m de altura, entre as três aldeias Kayapó. Para comparar a mortalidade de plântulas entre castanhais dentro do território de cada uma das aldeias, nós utilizamos análises de tabela de contingência e qui-quadrado de Pearson. As probabilidades dos qui-quadrados de Pearson obtidas para cada aldeia foram combinadas em uma única probabilidade com o procedimento de Fisher para testes múltiplos de uma única hipótese (Winer et al. 1991). Testamos se há diferença nas densidades relativas de plântulas, jovens e adultos de *B. excelsa* por meio de análises de tabela de contingência e qui-quadrado de Pearson. As proporções relativas de plântulas e de adultos, assim como de jovens e de adultos, foram comparadas entre as aldeias Kayapó utilizando ANOVAs separadas.

RESULTADOS

O crescimento anual em altura das plântulas variou de $2,2 \pm 1,3$ cm a $12,5 \pm 15,8$ cm (média \pm DP) e foi diferente ($F_{2,8} = 3,78$, $P = 0,027$) entre castanhais em diferentes aldeias Kayapó (Fig. 3A), porém não variou significativamente entre os castanhais dentro dos territórios de cada uma das aldeias ($F_{8,81} = 0,70$, $P = 0,694$). Para indivíduos adultos, o

crescimento médio em DAP variou de $0,5 \pm 0,8$ cm a $1,5 \pm 1,3$ cm e não foi diferente entre as aldeias ($F_{2,8} = 0,61$, $P = 0,546$), porém apresentou uma diferença marginalmente significativa entre castanhais dentro das aldeias ($F_{8,259} = 1,80$, $P = 0,076$), indicando que o crescimento de adultos provavelmente varia em escalas menores (castanhais) do que o crescimento das plântulas (aldeias). A mortalidade de plântulas variou de 0 % a 42,9 % (Fig. 3B) e apresentou diferença entre aldeias ($F_{2,8} = 5,15$, $P = 0,036$) e entre os castanhais localizados no território das aldeias de A'Ukre ($\chi^2_3 = 16,1$, $P = 0,001$) e de Kikretum ($\chi^2_3 = 8,95$, $P = 0,03$). A probabilidade combinada indicou que há variação significativa na mortalidade de plântulas entre os castanhais localizados nos territórios das aldeias ($\chi^2_6 = 21,4$, $P = 0,002$).

Tanto a densidade de castanheiras adultas nos castanhais (variação: 1 a 5,1 ind/ha; $F_{2,18} = 4,77$, $P = 0,022$) e a área dos castanhais (variação: 5,4 a 840 ha; $F_{2,59} = 5,35$, $P = 0,007$) foi diferente entre os territórios das aldeias. No entanto, mesmo dentro do território de cada aldeia, a densidade de adultos nos castanhais (Fig. 3C) e a área dos castanhais (Fig. 3D) variaram muito.

A frequência relativa de ocorrência de plântulas, jovens e adultos de *B. excelsa* foi diferente entre os castanhais ($\chi^2_{40} = 81,9$, $P < 0,001$), tanto para todos os castanhais combinados (Tabela 1), como para castanhais não explorados (números 1-6 na tabela 1) e explorados separadamente ($\chi^2_8 = 16,9$, $P = 0,03$ e $\chi^2_{30} = 59,0$, $P = 0,001$, respectivamente). As proporções relativas de plântulas e adultos, e de jovens e adultos, não foi diferente entre as aldeias ($F_{2,18} = 0,99$, $P = 0,391$ e $F_{2,18} = 0,46$, $P = 0,641$, respectivamente).

DISCUSSÃO

Embora diversos estudos sobre a ecologia de *B. excelsa* tenham sido conduzidos na Amazônia, nenhum deles focou a variabilidade na dinâmica populacional em paisagens de uma região. Nós mostramos que muitos parâmetros populacionais importantes de *B. excelsa* variam consideravelmente em média escala na nossa área de estudo. O crescimento de plântulas variou significativamente entre aldeias, enquanto a mortalidade de plântulas, a densidade de castanheiras e as áreas dos castanhais variaram tanto entre castanhais de uma mesma aldeia, quanto entre aldeias. A estrutura populacional também variou significativamente entre os castanhais. Juntos, estes resultados indicam que a aplicação de modelos demográficos e de outras análises que não consideram a heterogeneidade espacial

pode ser limitada e levar a conclusões errôneas sobre o status de conservação das populações de *B. excelsa* (Mills et al. 1999).

Variabilidade na TI Kayapó em comparação com outras regiões amazônicas

Enquanto o crescimento médio anual das plântulas de *B. excelsa* nos castanhais estudados variou de 2,2 a 12,5 cm, o que é consistente com o crescimento médio de 3,0 cm/ano encontrado por Baider (2000) para dois castanhais na TI Kayapó 15 anos atrás, o crescimento médio descrito para outros locais na Amazônia foi de quase nenhum a mais de 20 cm/ano na Bolívia (Zuidema e Boot 2002), de 11 cm/ano na Amazônia ocidental brasileira (Cotta et al. 2008), e de 6,8 cm/ano na Amazônia central (Scoles 2010). A mortalidade anual de plântulas nos castanhais da TI Kayapó variou de 0 a 42,9%, o que está de acordo com a taxa de mortalidade anual de 30% encontrada por Baider (2000), e é pouco menor do que a mortalidade de 50%/ano encontrada na Bolívia por Zuidema e Boot (2002). O crescimento anual médio em DAP para as castanheiras adultas na nossa área de estudo variou de 0,5 a 1,5 cm em 11 castanhais, valor semelhante às taxas de 1,1 a 1,5 cm/ano encontradas por Baider (2000) e àquelas encontradas em dois castanhais na Bolívia (0,2-1,5 cm/ano) por Zuidema e Boot (2002), porém muito maiores do que as taxas encontradas por Kainer et al. (2006) na Amazônia ocidental brasileira (0,27-0,43 cm/ano). Esta diferença, no entanto, provavelmente também reflete as diferenças na metodologia de medida do DAP e na amostragem realizada por Kainer et al. (2006).

Embora a variação na densidade de castanheiras adultas na TI Kayapó (1 a 5,1 ind/ha) seja menor do que a variação de 0,1 a 11,9 ind/ha descrita para castanhais ao longo de toda a área de distribuição da espécie (Peres et al. 2003), ela é similar à variação em média escala encontrada para outras regiões na Amazônia. As densidades de castanheiras reprodutivas em diferentes locais da Amazônia ocidental brasileira foram estimadas em 1,35 (Wadt et al. 2005), 0 a 5 (Viana et al. 1998), e 0,9 a 1,5 ind/ha (Wadt et al. 2008); enquanto na Amazônia boliviana, as densidades variaram entre 1 e 5 ind/ha (DHV 1993). Na Amazônia central, as densidades são mais altas e variam de $6,3 \pm 3,9$ ind/ha a $9,2 \pm 4,7$ ind/ha (média \pm DP) nas proximidades do Rio Trombetas e do Rio Madeira, respectivamente (Scoles 2010). O tamanho com o qual as castanheiras começam a produzir frutos também varia entre regiões da Amazônia, o que influencia as estimativas de densidade de indivíduos reprodutivos e é em parte responsável pela variação entre diferentes estudos. Na nossa área de estudo, as

castanheiras começam a produzir frutos apenas com cerca de 60 cm DAP (Baider 2000, M. B. N. Ribeiro, dados não publicados), porém em outras regiões os adultos já estão reprodutivos com 40 cm DAP (Viana et al. 1998, Zuidema e Boot 2002) ou 50 cm DAP (Wadt et al. 2008).

Devido à dificuldade das coletas de dados em campo, há poucos estudos nos quais as áreas de castanhais foram estimadas. Peres e Baider (1997) mediram o tamanho de um castanhal (28,5 ha), localizado dentro da nossa área de estudo. Wadt et al. (2005) mostraram que as castanheiras em uma localidade do Acre não apresentam distribuição agregada, mas estão distribuídas de forma esparsa em uma área de 420 ha. Nós encontramos castanhais cujas áreas variam de aproximadamente 5,4 a 840 ha, assim como locais nos quais as castanheiras estão distribuídas de forma esparsa em uma grande área e nos quais não foi possível identificar um agregado (castanhal). A identificação de castanhais bem definidos depende da escala de análise (Wadt et al. 2005). Se a área amostrada encontra-se inteiramente dentro de um grande castanhal, a distribuição das castanheiras não será identificada como agregada. O uso de imagens de satélite foi essencial para identificar os padrões de distribuição das castanheiras nas paisagens da TI Kayapó, e indicaram que diferentes padrões de distribuição podem ser encontrados para esta espécie dentro de uma mesma região.

O que causa a variabilidade nos parâmetros populacionais de B. excelsa?

Enquanto a disponibilidade de água, os nutrientes do solo e especialmente a quantidade de luz parecem limitar o crescimento das plântulas de castanha (Kainer et al. 1998, Myers et al. 2000, Scoles 2010), a maior causa para a mortalidade das plântulas parece ser a predação da semente enquanto esta ainda está conectada à plântula, embora a dessecação também seja um fator importante (Baider 2000). Para as castanheiras adultas, a pluviosidade está associada ao crescimento (Brienen e Zuidema 2005), porém a influência de características edáficas ainda não é conhecida. Para outras espécies de árvores tropicais, incluindo espécies relacionadas à *B. excelsa*, da família Lecythidaceae, a pluviosidade e a temperatura parecem ser os principais fatores limitantes para o crescimento de indivíduos adultos (Clark et al. 2003, Brienen e Zuidema 2005, Brando et al. 2008, Toledo et al. 2011), embora o tipo de solo possa influenciar estas relações (Baker et al. 2003, Toledo et al. 2011). A heterogeneidade em características ambientais, como solo e topografia, as condições climáticas, as limitações na dispersão, assim como a herbivoria e as doenças, podem influenciar os padrões de distribuição de espécies de árvores de escalas locais a regionais nas

Florestas Tropicais (Clark et al. 1998, Condit et al. 2000, Engelbrecht et al. 2007, Jonh et al. 2007). Para a castanha-da-Amazônia, diferenças no tipo de solo e no microclima para a regeneração têm sido sugeridas como limitantes da ocorrência de castanhais (Miller 1990, Clay e Clement 1993, Peres e Baider 1997). As condições climáticas, como a pluviosidade, a temperatura e a sazonalidade, afetam as taxas de crescimento e mortalidade, assim como a ocorrência de muitas espécies de plantas nas Florestas Tropicais (Clark e Clark 1994, Clark et al. 2003, Brienen e Zuidema 2005, Nepstad et al. 2007, Brando et al. 2008, Toledo et al. 2011). No entanto, como as variáveis climáticas normalmente operam em grandes escalas espaciais, elas provavelmente não influenciam os padrões de variação nos parâmetros populacionais encontrados no nosso estudo.

Na nossa área de estudo, as variações encontradas nas taxas de crescimento de plântulas provavelmente são influenciadas pela estrutura da vegetação, incidência de clareiras e competição com outras espécies de plantas, as quais podem afetar a disponibilidade de luz, embora o crescimento das plântulas também possa ser afetado pelas condições e tipo do solo. A variabilidade encontrada para a mortalidade de plântulas entre castanhais e entre aldeias é provavelmente causada pela disponibilidade de alimentos e pela densidade de herbívoros, que pode ser afetada pela abundância de predadores naturais destes herbívoros, pela caça praticada pelos Kayapó, e pela estrutura e composição da floresta em cada local. A TI Kayapó está localizada em uma região de transição entre as florestas densas da Amazônia e o cerrado, e apresenta grande heterogeneidade na vegetação, no solo e no relevo (Hecht e Posey 1989, Salm 2004), o que pode influenciar a ocorrência, a densidade, o crescimento e a mortalidade de *B. excelsa*.

Estudos anteriores têm mostrado que a estrutura populacional de *B. excelsa* em diferentes regiões amazônicas varia e pode apresentar desde poucos a muitos indivíduos jovens e plântulas em comparação com indivíduos adultos (Baider 2000, Myers et al. 2000, Miller 1990, Viana et al. 1998, Zuidema e Boot 2002, Wadt et al. 2005, Scoles 2010). Esta variação na estrutura populacional ao longo da Amazônia tem sido atribuída principalmente à interferência humana (Peres et al. 2003). No entanto, embora a estrutura populacional de castanhais não-explorados seja descrita como apresentando grande quantidade de plântulas e indivíduos jovens em comparação com indivíduos de classes de tamanho maiores (Peres et al. 2003), nossos dados mostram que castanhais desconhecidos e não-explorados pelos Kayapó apresentam muitas vezes menos indivíduos regenerando do que locais onde a coleta de castanha e a caça têm ocorrido por diversos anos (ver capítulo 2). Outros fatores, como a

estrutura da floresta, o tipo de solo, o fogo, a pluviosidade e a abundância de predadores e dispersores (Peres et al. 2003, Wadt et al. 2005, Gaoue e Ticktin 2007, Shepard Jr. e Ramirez 2011), assim como a idade do castanhal, podem também afetar as abundâncias relativas de indivíduos de diferentes classes de tamanho na população. Além disso, diferenças no crescimento de indivíduos entre os castanhais podem influenciar a relação entre tamanho e idade dos indivíduos, o que pode resultar em classes de tamanho que não correspondem às mesmas classes de idade em locais diferentes.

Implicações para estudos futuros e para a conservação de B. excelsa

Os parâmetros populacionais de *B. excelsa* variam não apenas entre locais distantes na região amazônica, mas também em escalas que variam de alguns (entre castanhais na nossa área de estudo) a dezenas de quilômetros (entre aldeias). A alta variabilidade em média escala nos parâmetros populacionais desta espécie provavelmente ocorre ao longo de toda a Amazônia. Porém, devido ao fato de que poucos castanhais são amostrados na maioria dos estudos, não há dados disponíveis para se avaliar a magnitude da variabilidade em outras regiões.

Dos parâmetros avaliados neste estudo, as variações nas taxas de crescimento e de mortalidade dos indivíduos são as que mais provavelmente influenciarão os cálculos de crescimento populacional pelos modelos demográficos (Caswell 1989). O tamanho com o qual os indivíduos se tornam reprodutivos variam consideravelmente entre regiões amazônicas (Baider 2000, Viana et al. 1998, Zuidema e Boot 2002, Wadt et al. 2008), e dados sobre a fecundidade para as classes de tamanho ou de idade também são cruciais para estas análises (Caswell 1989). As variações temporais no crescimento e na mortalidade de plântulas e adultos, assim como na produção de frutos, também ocorrem para *B. excelsa* (Baider 2000, Zuidema e Boot 2002). Incorporar as variações temporais além das variações espaciais nas taxas vitais também é essencial para aumentar a generalidade dos modelos populacionais (Hewitt et al. 2007, Fink et al. 2010). Variações no crescimento, mortalidade, densidade e tamanho das sub-populações de *B. excelsa* provavelmente também resultam em diferentes respostas à exploração, como já observado para outras espécies não-madeireiras (Gaoue e Ticktin 2008, 2010). Assim, estas variáveis, quando possível, devem ser incluídas em modelos avaliando o impacto da coleta de sementes nas populações de castanheiras (ver capítulo 2).

Existem diversas questões pendentes que ainda terão que ser resolvidas antes de podermos efetivamente modelar a dinâmica de populações de castanha-da-Amazônia. Entre elas, estão: Como e quando os castanhais foram estabelecidos? Os castanhais atuais encontram-se estáveis ou em expansão? A diferença entre as estruturas de tamanho dos indivíduos em diferentes castanhais indica diferentes estados de estabilidade, ou indica uma trajetória comum que resulta basicamente de diferenças na idade dos castanhais? O que limita a expansão dos castanhais e a densidade de indivíduos dentro destes? Enquanto reduzir a variabilidade tem sido o objetivo da maioria dos estudos, detectar a heterogeneidade e a complexidade pode ser essencial para entender os sistemas naturais e aumentar a aplicabilidade das pesquisas em ecologia (Hewitt et al. 2007).

Generalizar os resultados de um estudo conduzido em um sítio específico para uma ampla região geográfica é certamente um problema para espécies com dinâmicas espacialmente heterogêneas, como *B. excelsa*. Quando a dinâmica populacional de uma espécie varia muito entre locais separados apenas por alguns poucos quilômetros, os estudos conduzidos em apenas uma localidade podem levar a conclusões de conservação extremamente equivocadas (Ujvari et al. 2011). Porém, mesmo se os resultados não são extrapolados para regiões geográficas maiores, utilizar os valores médios dos parâmetros populacionais pode resultar em conclusões que não são aplicáveis para toda a área de estudo (Mills 1999). Felizmente, a coleta de castanha praticada atualmente pelos Kayapó parece ser sustentável (capítulo 2), e modelos populacionais detalhados não são necessários para definir estratégias para proteger a população de castanheiras e garantir a viabilidade da atividade extrativista na TI Kayapó em curto prazo. No entanto, este pode não ser o caso para populações de *B. excelsa* em outras regiões da Amazônia. Já é hora de começar a coletar os dados necessários para construir modelos populacionais temporal e espacialmente explícitos para *B. excelsa*.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos a todos os Kayapó que nos receberam em suas aldeias e florestas e que nos ajudaram no trabalho de campo nos castanhais. Agradecemos especialmente a Biribiri Kayapó, N.V. Sales e T. Hoorda pelo auxílio na coleta de dados. Nós também somos gratos ao SEAS-Guiane/IRD, por meio de P. de Robert e de J. F. Faure, por providenciar as imagens de satélite SPOT, e a W. Spironello pela ajuda com o DISTANCE. Esta pesquisa foi

financiada pelo Institut de Recherche Pour le Développement (IRD) e por bolsas concedidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Conservação Internacional do Brasil (CI-Brasil) e Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) / Gordon and Betty Moore Foundation. O suporte logístico foi fornecido pela Associação Floresta Protegida (AFP).

LITERATURA CITADA

- Alvarez-Buylla, E. R. 1994. Density dependence and patch dynamics in Tropical Rain Forests: matrix models and applications to a tree species. *The American Naturalist* 143:155-191.
- Baider, C. 2000. Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Baker, T. R., D. F. R. P. Burslem, e M. D. Swaine. 2003. Associations between tree growth, soil fertility and water availability at local and regional scales in Ghanaian Tropical Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology* 19:109-125.
- Brando, P. M., D. C. Nepstad, E. A. Davidson, S. E. Trumbore, D. Ray, e P. Camargo. 2008. Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in an Amazon forest: results of a throughfall reduction experiment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363:1839-1848.
- Brienen, R. J. W., e P. A. Zuidema. 2005. Relating tree growth to rainfall in bolivian Rain Forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia* 146:1-12.
- Bruna, E. M. 2003. Are plants in rain forest fragments recruitment limited? tests with an Amazonian herb. *Ecology* 84:932-947.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers, e L. Thomas. 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Caswell, H. 1989. Matrix population models: construction, analysis, and interpretation. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Clark, D. A., e D. B. Clark. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican Tropical Rain Forest. *Journal of Ecology* 82:865-872.

- Clark, D. B., D. A. Clark, e J. M. Read. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a Neotropical Rain Forest. *Journal of Ecology* 86:101-112.
- Clark, D. A., S. C. Piper, C. D. Keeling, e D. B. Clark. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984–2000. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:5852–5857.
- Clay, J. W. 1997. Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. Páginas 246-282 *in* C. H. Freese, editor. *Harvesting wild species – implications for biodiversity and conservation*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Clay, J., e C. R. Clement. 1993. Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forests. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Condit, R., P. S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S. P. Hubbell, R. B. Foster, A. Itoh, J. V. LaFrankie, H. S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar, e T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288:1414-1418.
- Cotta, J. N., K. A. Kainer, L. H. O. Wadt, e C. L. Staudhammer. 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. *Forest Ecology and Management* 256:28-35.
- DHV. 1993. Estudios agro-ecologicos, forestales y socio-economicos en la region de la castaña de la Amazonia Boliviana. Forest Resource Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort.
- Engelbrecht, B. M. J., L. S. Comita, R. Condit, T. A. Kursar, M. T. Tyree, B. L. Turner, e S. P. Hubbell. 2007. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature* 447:80-82.
- Fink, D., W. M. Hochachka, B. Zuckerberg, S. W. Winkler, B. Shaby, M. A. Munson, G. Hooker, M. Riedewald, D. Sheldon, e S. Kelling. 2010. Spatiotemporal exploratory models for broad-scale survey data. *Ecological Applications* 20(8):2131-2147.
- Freckleton, R. P., D. M. Silva Matos, M. L. A. Bovi, e A. R. Watkinson. 2003. Predicting the impacts of harvesting using structured population models: the importance of density-dependence and timing of harvest for a tropical palm tree. *Journal of Applied Ecology* 40:846-858.

- Freckleton, R. P., W. J. Sutherland, A. R. Watkinson, e S. A. Queenborough. 2011. Density-structured models for plant population dynamics. *The American Naturalist* 177:1-17.
- Gaoue, O. G., e T. Ticktin. 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, O. G., e T. Ticktin. 2008. Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology* 45:34-40.
- Gaoue, O. G., e T. Ticktin. 2010. Effects of harvest of nontimber forest products and ecological differences between sites on the demography of african mahogany. *Conservation Biology* 24(2):605–614.
- Ghizoni Jr, I. R., V. M. G. Layme, A. P. Lima, e W. E. Magnusson. 2005. Spatially explicit population dynamics in a declining population of the tropical rodent, *Bolomys Lasiurus*. *Journal of Mammalogy* 86(4):677-682.
- Hecht, S. B., e D. A. Posey. 1989. Preliminary results on soil management techniques of the Kayapó Indians. *Advances in Economic Botany* 7:174-188.
- Hewitt, J. E., S. F. Thrush, P. K. Dayton e E. Bonsdorff. 2007. The effect of spatial and temporal heterogeneity on the design and analysis of empirical studies of scale-dependent systems. *American Naturalist* 169(3):398-408.
- Horvitz, C. C., e D. W. Shemske. 1995. Spatiotemporal variation in demographic transitions of a tropical understory herb: projection matrix analysis. *Ecological Monographs* 65:155-192.
- Jerozolimski, A. 2005. Ecologia de populações silvestres dos jabutis *Geochelone denticulata* e *G. carbonaria* (Cryptodira: Testudinidae) no território da aldeia A'Ukre, TI Kayapó, sul do Pará. Tese de Doutorado. University of São Paulo, São Paulo.
- Jonh, R., J. W. Dalling, K. E. Harms, J. B. Yavitt, R. F. Stallard, M. Mirabello, S. P. Hubbell, R. Valencia, H. Navarrete, M. Vallejo, e R. B. Foster. 2007. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:864-869.
- Johnston, K., J. M. Ver Hoef, K. Krivoruchko, e N. Lucas. 2001. Using ArcGIS geostatistical analysis. ESRI, Redlands, CA.

- Kainer, K. A., M. L. Duryea, N. C. de Macedo, e K. Williams. 1998. Brazil nut seedling establishment and autecology in Extractive reserves of Acre, Brazil. *Ecological Applications* 8(2):397-410.
- Kainer, K. A., L. H. O. Wadt, D. A. P. Gomes-Silva, e M. Capanu. 2006. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology* 22:147-154.
- Kainer, K. A., L. H. O. Wadt, e C. L. Staudhammer. 2007. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management* 250:244-255.
- Lester, S. E., S. D. Gaines, e B. P. Kinlan. 2007. Reproduction on the edge: large-scale patterns of individual performance in a marine invertebrate. *Ecology* 88(9):2229–2239.
- Miller, C. J. 1990. Natural history, economic botany, and germplasm conservation of the Brazil Nut tree (*Bertholletia excelsa*, Humb & Bonpl.). Master Dissertation. University of Florida, Gainesville, FL.
- Mills, L. S., D. F. Doak, e M. J. Wisdom. 1999. Reliability of conservation actions based on elasticity analysis of matrix models. *Conservation Biology* 13:815-829.
- Mori, S. A. 1992. The Brazil nut industry – past, present and future. Páginas 241–251 in M. Plotkin, e L. Farmocare, editors. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press, Washington.
- Mori, S. A., e G. T. Prance. 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany* 8:130-150.
- Myers, G. P., A. C. Newton, e M. Melgarejo. 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 127:119-128.
- Nepstad, D. C., I. M. Tohver, D. Ray, P. Moutinho, e G. Cardinot. 2007. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon Forest. *Ecology* 88:2259-2269.
- Peres, C. A., e C. Baider. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in Southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 13:595-616.
- Peres, C.A., C. Baider, P. A. Zuidema, L. H. O. Wadt, K. A. Kainer, D. A. P. Gomes-Silva, R. P. Salomão, L. L. Simões, E. R. N. Franciosi, F. C. Valverde, R. Gribel, G. H. Shepard

- Jr., M. Kanashiro, P. Coventry, D. W. Yu, A. R. Watkinson, e R. P. Freckleton. 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302:2112-2114.
- Qian. S. S., T. F. Cuffney, I. Alameddine, G. McMahon, and K. H. Reckhow. 2010. On the application of multilevel modeling in environmental and ecological studies. *Ecology* 91(2):355–361.
- Ribeiro, M. B. N., M. B. Ramos-Neto, P. Robert, J. F. Faure, e W. E. Magnusson. 2010. Geoprocessamento como ferramenta para o manejo de castanha-da-Amazônia na Terra Indígena Kayapó, Sul do Pará. Paper presented at the 61^o Congresso Nacional de Botânica, Manaus, AM, 6 September 2010.
- Salm, 2004. Tree species diversity in a seasonally-dry forest: the case of the Pinkaití site, in the Kayapó Indigenous Area, southeastern limits of the Amazon. *Acta Amazônica*. 34(3):435-443.
- Scoles, R. 2010. Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM.
- Shepard Jr., G. H., e H. Ramirez. 2011. “Made in Brazil”: Human dispersal of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. *Economic Botany* 65:44-65.
- Swaine, M. D., D. Lieberman, e F. E. Putz. 1987. The dynamics of tree populations in Tropical Forest: *Journal of Tropical Ecology* 3:359-366.
- Toledo, M., L. Poorter, M. Peña-Claros, A. Alarcón, J. Balcázar, C. Leño, J. C. Licona, O. Llanque, V. Vroomans, P. Zuidema, e F. Bongers. 2011. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology* 99:254-264.
- Tuck Haugaasen, J. M., T. Haugaasen, C. A. Peres, R. Gribel, e P. Wegge. 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 26:251-262.
- Ujvari, B., R. Shine, e T. Madsen. 2011. Detecting the impact of invasive species on native fauna: Cane toads (*Bufo marinus*), frillneck lizards (*Chlamydosaurus kingii*) and the importance of spatial replication. *Austral Ecology* 36:126-130.
- Viana, V. M., R. A. Mello, L. M. de Moraes, e N. T. Mendes. 1998. Ecologia e manejo da castanha do Pará em reservas extrativistas no Xapurí, Acre. Páginas 277-291 in C.

- Gascon, e P. Moutinho, editors. Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo. Manaus, AM.
- Vieira, S., S. Trumbore, P. B. Camargo, D. Selhorst, J. Q. Chambers, e N. Higuchi. 2005. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:18502-18507.
- Wadt, L. H. O., K. A. Kainer, e D. A. P. Gomes-Silva. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211:371-384.
- Wadt, L. H. O., K. A. Kainer, C. L. Staudhammer, e R. O. P. Serrano. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141:332-346.
- Winer, B. J., D. R. Brown, e K. M. Michaels. 1991. *Statistical principles in experimental design*. McGraw-Hill, New York.
- Zimmerman, B. L., C. A. Peres, J. R. Malcolm, e T. Turner. 2001. Conservation and development alliances with the Kayapó of south-eastern Amazonia, a tropical forest indigenous people. *Environmental Conservation* 28:10-22.
- Zuidema, P. A. 2000. Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon. PROMAB, Scientific Series 2, Ribeiralta, Bolívia.
- Zuidema, P. A., e R. G. A. Boot. 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.

Tabela 1. Densidades de plântulas (altura < 2 m), de indivíduos jovens (10 > DAP < 60 cm) e de indivíduos adultos reprodutivos (DAP > 60 cm) em 21 castanhais localizados nos territórios das aldeias Kayapó A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia.

	Uso	Aldeia Kayapó	Plântulas (ind/ha)	Jovens (ind/ha)	Adultos (ind/ha)	Área do castanhal (ha)
1	Não explorado	A'Ukre	2,7	0,9	2,4	38,6
2	Não explorado	A'Ukre	19,2	0,0	3,6	23,5
3	Não explorado	A'Ukre	6,8	1,1	4,7	30,0
4	Não explorado	A'Ukre	14,4	1,2	1,0	82,0
5	Não explorado	A'Ukre	21,2	4,1	3,7	28,5
6	Não explorado	Moikarakô	24,3	1,1	2,2	80,0
7	Explorado	A'Ukre	51,4	2,6	3,9	39,9
8	Explorado	A'Ukre	48,4	2,6	4,9	37,8
9	Explorado	A'Ukre	43,1	4,0	5,1	47,8
10	Explorado	A'Ukre	72,9	2,2	2,8	5,4
11	Explorado	A'Ukre	66,6	1,0	3,4	25,8
12	Explorado	A'Ukre	35,1	3,3	2,6	232,0
13	Explorado	A'Ukre	21,2	1,9	3,0	25,8
14	Explorado	A'Ukre	20,5	1,3	3,6	236,6
15	Explorado	Moikarakô	10,5	0,8	1,4	141,5
16	Explorado	Moikarakô	27,6	3,1	4,1	25,0
17	Explorado	Moikarakô	14,4	0,0	1,7	346,6
18	Explorado	Kikretum	25,9	0,0	2,2	840,0
19	Explorado	Kikretum	28,8	1,2	1,0	282,0
20	Explorado	Kikretum	4,8	0,3	1,3	146,0
21	Explorado	Kikretum	37,4	0,9	2,2	215,0

LEGENDAS DAS FIGURAS

Fig. 1. Localização da área de estudo e das aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, na Terra Indígena Kayapó, Pará, Brasil.

Fig. 2. Crescimento anual em diâmetro à altura do peito (DAP) de 270 indivíduos de castanha com $DAP > 1 < 300$ cm, em castanhais localizados na Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. A linha representa uma regressão LOWESS (tensão = 0.3).

Fig. 3. Variação no crescimento médio anual de plântulas em altura (A), na mortalidade anual de plântulas (B), na densidade de castanheiras adultas (≥ 60 cm DAP) (C) e nas áreas dos castanhais (D) localizados nos territórios nas aldeias Kayapó A'Ukre, Kikretum e Moikarakô, Terra Indígena Kayapó, sudeste da Amazônia. AUK = A'Ukre, KKT = Kikretum, MKK = Moikarakô.

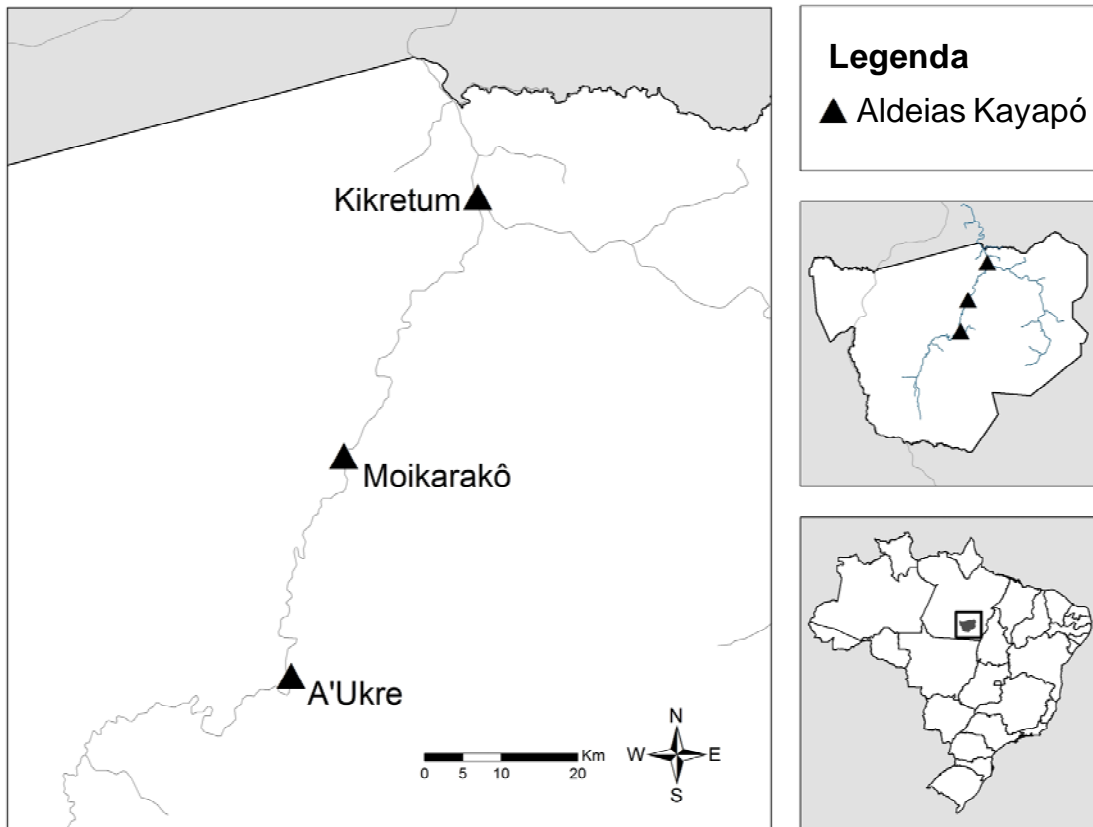


Fig. 1.

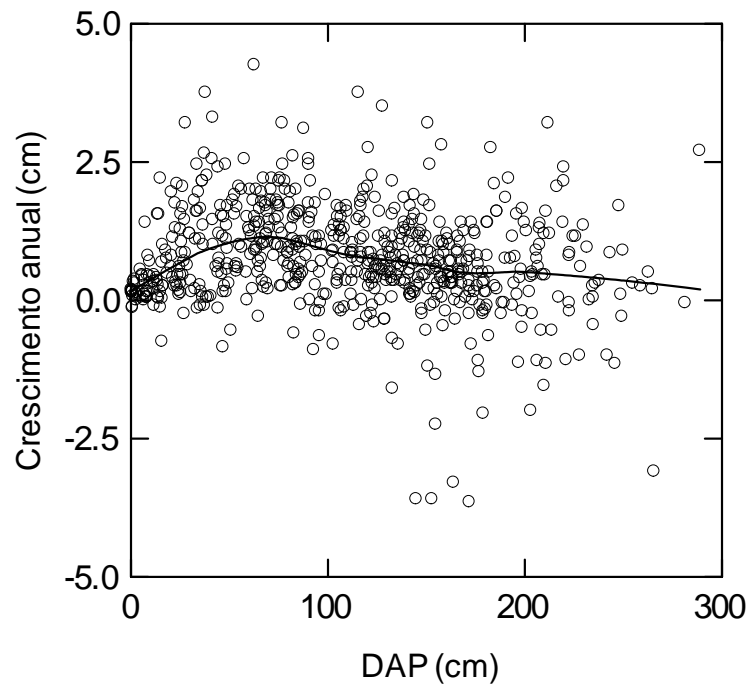


Fig. 2.

CONCLUSÃO GERAL

Síntese do trabalho

Os índios Kayapó das aldeias A'Ukre, Moikarakô e Kikretum realizam uma coleta de castanha seletiva, dispersa e não intensiva em diferentes escalas espaciais. Apesar de os territórios destas aldeias apresentarem um grande número de castanhais, apenas um terço deles é explorado. Mesmo dentro de cada castanhal, apenas 53% das árvores, em média, tem seus frutos explorados, sendo que, em média, 66% dos frutos produzidos em cada árvore não são coletados. As proporções de castanha coletadas pelos Kayapó para comercialização e subsistência em castanhais explorados são pequenas (~7,2% - 43% do estoque do castanhal), e correspondem a uma proporção ainda muito menor do estoque total de sementes disponíveis nos territórios das aldeias (~2,5 a 12,7%).

Esta coleta de baixa a média intensidade, associada ao manejo intencional e não intencional realizado pelos Kayapó, parece beneficiar os estágios iniciais da regeneração em castanhais explorados. O número de anos em que a coleta de castanha vem sendo realizada apresentou relação positiva com a densidade de plântulas nos castanhais, embora a quantidade de castanha coletada tenha apresentado um efeito negativo, porém fraco, na densidade de plântulas. Isso indica que, embora uma coleta de sementes muito intensiva nos castanhais possa resultar em uma diminuição do recrutamento, a coleta de sementes da forma como vem sendo praticada pelos Kayapó nos últimos anos não ameaça as populações de castanheiras e, associada ao manejo direto e indireto, tem resultado em um aumento do número de plântulas.

Dois principais mecanismos parecem ser responsáveis pelo aumento da densidade de plântulas em castanhais explorados. O primeiro é a dispersão de castanha promovida pelos coletores Kayapó durante o transporte da castanha coletada, já que a densidade de plântulas de castanha ao longo de trilhas foi significativamente maior do que fora das trilhas. O segundo é a redução na densidade populacional de predadores e dispersores de sementes de castanha dentro dos castanhais, que pode levar a uma diminuição na predação e/ou mudanças nos padrões de dispersão de sementes, resultando em um aumento na densidade de plântulas nos castanhais caçados. A remoção de sementes de castanha por animais em castanhais explorados foi significativamente menor do que a remoção em castanhais não utilizados pelos

Kayapó para qualquer atividade, e a densidade de plântulas nos castanhais foi negativamente relacionada às taxas de remoção de sementes pela fauna.

Além de as atividades dos Kayapó ligadas à coleta de castanha favorecerem os estágios iniciais da regeneração dos castanhais, a dispersão de sementes em trilhas fora dos castanhais e o plantio intencional e não intencional de castanha em aldeias e roças pelos Kayapó parecem influenciar positivamente a densidade de castanheiras e castanhais na escala da paisagem. Os Kayapó habitam a região sul do Pará há apenas 100-150 anos e se houve algum manejo dos castanhais da região em um período mais remoto, este foi realizado por outros grupos indígenas. Sítios arqueológicos contendo restos de cerâmicas são abundantes na área de estudo (M.B.N.R., observação pessoal) e atestam a presença anterior de outros grupos étnicos na região atualmente ocupada pelas três comunidades Kayapó estudadas. Porém, os Kayapó certamente vêm manejando os castanhais desta região durante o último século.

A baixa densidade de plântulas nos castanhais não explorados pode indicar que o recrutamento necessário para que o castanhal se mantenha estável deve ser naturalmente baixo. No entanto, se os castanhais dependem em parte do manejo praticado por populações humanas para se manterem, o baixo recrutamento de plântulas nos castanhais não utilizados pelos Kayapó pode não ser suficiente para que suas populações de castanheiras persistam no longo prazo. O crescimento das populações de castanheiras e os impactos da coleta de sementes para sua persistência poderiam ser previstos por meio de modelos demográficos. No entanto, os dados coletados neste estudo mostram que parâmetros populacionais de *B. excelsa* importantes para tais modelagens, como crescimento e mortalidade de indivíduos, apresentam grande variação espacial em uma escala que varia de poucos a dezenas de quilômetros, o que limita o uso e a extrapolação de resultados de modelos demográficos simples, a não ser que tais parâmetros sejam estimados para cada sub-população que se queira modelar. Esta grande variação espacial, assim como a provável variação temporal na dinâmica de *B. excelsa*, provavelmente ocorre em outras regiões da Amazônia, indicando que mais estudos abordando a variabilidade na dinâmica populacional desta espécie são necessários antes que possamos modelar de forma apropriada o crescimento de suas populações.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos, podemos concluir que:

1. Os níveis de coleta atuais praticados pelos Kayapó não apresentam impactos negativos para o recrutamento de indivíduos de *B. excelsa*;
2. A ação antrópica nos castanhais explorados da Terra Indígena Kayapó favorece a regeneração natural da castanheira, provavelmente por meio da dispersão de sementes pelos Kayapó e do impacto da caça ou da presença dos Kayapó sobre as populações de predadores e dispersores de castanha;
3. O grande número de castanhais presentes nos territórios Kayapó, especialmente de A'Ukre e Kikretum, permite o aumento da produção comercial de castanha por estas comunidades e favorece a prática de manejo baseada no revezamento de castanhais para coleta, caso necessário;
4. A dispersão intencional e não intencional de sementes e de plântulas pelos Kayapó fora dos castanhais tem o potencial de influenciar significativamente a densidade e a distribuição de castanheiras na TI Kayapó;
5. Os parâmetros populacionais de *B. excelsa* variam significativamente em média escala espacial na Terra Indígena Kayapó. Desta forma, estudos que visem modelar os impactos de atividades humanas nas populações de castanheiras devem considerar tal variação na dinâmica populacional desta espécie.

Implicações práticas

Neste estudo, não foram encontrados indícios de que a coleta de castanha pelos índios Kayapó de A'Ukre, Kikretum e Moikarakô resulte em impactos negativos às sub-populações de castanheiras exploradas em seus territórios. Pelo contrário, os resultados mostram que as atividades associadas à coleta conduzidas pelos Kayapó favorecem o recrutamento de plântulas. Isto indica que, embora seja teoricamente esperado que ocorra uma diminuição do recrutamento em castanhais com o aumento da intensidade de coleta de sementes, tal impacto pode ser compensado por efeitos positivos de práticas de manejo intencionais e não intencionais, assim como de interações entre as atividades desenvolvidas pelos coletores nos castanhais e os predadores e dispersores da castanha. Desta forma, os impactos da coleta de

castanha para as populações de castanheiras dependem de uma complexa combinação de fatores que se inter-relacionam, e generalizações acerca dos impactos negativos da coleta de sementes devem ser evitadas até que sejam avaliados localmente. Recomendamos que as políticas públicas de fomento ao extrativismo da castanha não sejam restritivas até que efeitos negativos da coleta excessiva sejam demonstrados localmente. Medidas restritivas conservadoras para esta importante atividade extrativista da região Amazônica podem gerar resultados extremamente negativos, não apenas para a conservação das castanheiras, mas para a conservação das florestas e dos meios de vida das populações tradicionais. No caso dos Kayapó, a coleta de castanha tem sido uma atividade de geração de renda extremamente importante para que as comunidades não se envolvam em atividades ilegais, como a exploração madeireira, que pode, em curto prazo, extinguir populações inteiras de castanheiras.

Ainda existem muitas perguntas referentes à ecologia da castanha que necessitam ser respondidas antes de conseguirmos definir com clareza os níveis máximos de coleta de sementes que garantam a sustentabilidade da exploração deste recurso. Entre elas está a questão de qual o recrutamento de plântulas necessário para que os castanhais se mantenham estáveis. O uso de modelos demográficos espacialmente explícitos pode ser útil para obter essa e outras respostas. O monitoramento do recrutamento nas populações de castanha exploradas deve ser realizado, especialmente em situações de aumento da quantidade de castanha coletada, ameaça a dispersores e polinizadores da castanha, e possíveis práticas de manejo com impactos negativos.

Este trabalho foi realizado em conjunto com a Associação Floresta Protegida (AFP), uma organização sem fins lucrativos que representa onze comunidades da etnia Kayapó. A AFP vem, desde 2005, desenvolvendo uma iniciativa de manejo e comercialização da castanha em três comunidades Kayapó, com o intuito de diminuir a incidência de aflatoxinas, garantir a sustentabilidade da exploração e agregar valor à castanha coletada pelos Kayapó. Uma das contribuições práticas do presente estudo foi a elaboração do “Projeto Extrativista Sustentável Orgânico”, estudo que viabilizou a certificação orgânica da castanha coletada pelos Kayapó, contribuindo para um aumento significativo da renda gerada pela coleta de castanha para as comunidades de A’Ukre, Moikarakô e Kikretum.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Buylla, E.R. 1994. Density dependence and patch dynamics in Tropical Rain Forests: matrix models and applications to a tree species. *The American Naturalist* 143: 155-191.
- Anderson, A.B. 1990. *Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, NY. 281pp.
- Anderson, A.B.; Posey, D.A. 1989. Management of a tropical scrub savanna by the Gorotire Kayapo of Brazil. In: Posey D.A.; Balée, W. (Eds). *Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*. Advances in Economic Botany, v.7. New York Botanical Garden, New York. p. 159-173.
- Arnaud, E. 1987. A expansão dos índios Kayapó-Gorotire e a ocupação nacional (Região Sul do Pará). In: Arnaud, E. (Ed). *O Índio e a Expansão Nacional*. CEJUP, Belém. p. 427-495.
- Asner, G.P.; Knapp, D.E.; Broadbent, E.N.; Oliveira, P.J.C.; Keller, M.; Silva, J.N. 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310: 480-482.
- Baider, C. 2000. *Demografia e ecologia de dispersão de frutos de Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental*. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 231pp.
- Baker, T.R.; Burslem, D.F.R.P.; Swaine, M.D. 2003. Associations between tree growth, soil fertility and water availability at local and regional scales in Ghanaian Tropical Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology* 19: 109-125.
- Balée, W. 1989. The culture of Amazonian Forests. In: Posey D.A.; Balée, W. (Eds). *Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*. Advances in Economic Botany, v.7, New York Botanical Garden, New York. p. 1-21.
- Barreto, P.; Souza Jr., C.; Noguerón, R.; Anderson, A.; Salomão, R. 2005. *Human pressure on the Brazilian Amazon Forest Biome*. Imazon, Belém. 84pp.
- Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10: 1251-1262.
- Brando, P.M.; Nepstad, D.C.; Davidson, E.A.; Trumbore, S.E.; Ray, D.; Camargo, P. 2008. Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in an Amazon forest: results of a throughfall reduction experiment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1839-1848.

- Brienen, R.J.W.; Zuidema, P.A. 2005. Relating tree growth to rainfall in bolivian Rain Forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia* 146:1-12.
- Bruna, E.M. 2003. Are plants in rain forest fragments recruitment limited? tests with an Amazonian herb. *Ecology* 84: 932–947.
- Buckland, S.T.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Laake, J.L.; Borchers, D.L., Thomas, L. 2001. *Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Brockington, D.; Igoe, J.; Schmidt-Soltau, K. 2006. Conservation, human rights, and poverty reduction. *Conservation Biology* 24: 605-614.
- Buckland, S.T.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Laake, J.L.; Borchers, D.L.; Thomas, L. 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford University Press, Oxford.
- Buckley, D.P.; O'Malley, D.M.; Apsit, V.; Prance, G.T.; Bawa, K.S. 1988. Genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Theoretical and Applied Genetics*, 76: 923-928.
- Caswell, H. 1989. *Matrix population models: construction, analysis, and interpretation*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Clark, D.A.; Clark, D.B. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican Tropical Rain Forest. *Journal of Ecology*, 82: 865-872.
- Clark, D.B.; Clark, D.A.; Read, J.M. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a Neotropical Rain Forest. *Journal of Ecology*, 86: 101-112.
- Clark, D.A.; Piper, S.C.; Keeling, C.D.; Clark, D.B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984–2000. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100: 5852–5857.
- Clay, J.W. 1997. Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. In: Freese, C.H. (Ed). *Harvesting Wild Species – Implications for Biodiversity and Conservation*. John Hopkins University Press, Baltimore. p. 246-282.
- Clay, J.W.; Clement, C.R. 1993. Selected Species and Strategies to Enhance Income Generation from Amazonian Forests. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Clement, C.R. 1999. Castanha-do-Pará. In: Clay, J.W.; Sampaio, P.T.B.; Clement, C.R. (Eds). *Biodiversidade Amazônica: Exemplos e Estratégias de Utilização*. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, Manaus. p. 119-131.

- Clement, C.R.; McCann, J.M.; Smith, N.J.H. 2003. Agrobiodiversity in Amazonia and its relationships with dark earths. *In*: Lehmann, J.; Kern, D.; Glase, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 159-178.
- Condit, R.; Ashton, P.S.; Baker, P.; Bunyavejchewin, S.; Gunatilleke, S.; Gunatilleke, N.; Hubbell, S.P.; Foster, R.B.; Itoh, A.; LaFrankie, J.V.; Lee, H.S.; Losos, E.; Manokaran, N.; Sukumar, R.; Yamakura, T. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 288: 1414-1418.
- 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.
- Cymerys, M.; Wadt, L.; Kainer, K.; Argolo, V. 2005. Castanheira – *Bertholletia excelsa* H. & B. *In*: Shanley, P.; Medina, G. (Eds). *Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica*. CIFOR/Imazon, Belém. p. 61-73.
- DHV. 1993. *Estudios agro-ecológicos, forestales y socio-económicos en la región de la castaña de la Amazonia Boliviana*. Forest Resource Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort.
- Dias, P.C. 1996. Sources and sinks in population biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 326-330.
- Dirzo, R.; Mendoza, E.; Ortiz, P. 2007. Size-related differential seed predation patterns in a heavily defaunated Neotropical rain forest. *Biotropica* 39: 355–362.
- Ducke, A. 1946. Plantas de cultura précolombiana na Amazônia brasileira. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte*, 8: 2-24.
- Emprapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. *Manual de métodos de análises de solo*, Segunda Edição. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, RJ.
- Engelbrecht, B.M.J.; Comita, L.S.; Condit, R.; Kursar, T.A.; Tyree., M.T.; Turner, B.L.; Hubbell, S.P. 2007. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature*, 447: 80-82.
- Escobal, J.; Aldana, U. 2003. Are nontimber forest products the antidote to rainforest degradation? Brazil nut extraction in Madre de Dios, Peru. *World Development*, 31: 1873-1887.

- Fearnside, P.M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation Biology*, 19: 680-688.
- Fink, D.; Hochachka, W.M.; Zuckerberg, B.; Winkler, S.W.; Shaby, B.; Munson, M.A.; Hooker, G.; Riedewald, M.; Sheldon, D.; Kelling, S. 2010. Spatiotemporal exploratory models for broad-scale survey data. *Ecological Applications*, 20(8): 2131-2147.
- Forget, P.M. 1990. Seed dispersal of *Vouacapoua americana* (Caesalpiniaceae) by caviomorph rodents in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 6: 459–468.
- Forget, P.M. 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 12: 751–761.
- Forget, P.M.; Jansen, P.A. 2007. Hunting increases dispersal limitation in the tree *Carapa procera*, a nontimber forest product. *Conservation Biology* 21: 106–113.
- Forget, P.M.; Hammond, D.; Milleron, T.; Thomas, R. 2002. Seasonality of fruiting and food hoarding by rodents in Neotropical forests: consequences for seed dispersal and seedling recruitment. In Levey, D.J.; Silva, W.R.; Galetti, M. (Eds.). *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*, pp. 241–253. CABI Publishing, Wallingford.
- Freckleton, R.P.; Silva Matos, D.M.; Bovi, M.L.A.; Watkinson, A.R. 2003. Predicting the impacts of harvesting using structured population models: the importance of density-dependence and timing of harvest for a tropical palm tree. *Journal of Applied Ecology*, 40: 846-858.
- Freckleton, R.P.; Sutherland, W.J.; Watkinson, A.R.; Queenborough, S.A. 2011. Density-structured models for plant population dynamics. *The American Naturalist*, 177: 1-17.
- Gadgil, M.; Berkes, F.; Folke, C. 1993. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio* 22: 151-156.
- Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pires, A.S.; Guimarães Jr, P.R.; Jordano, P. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: The combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 151: 141-149.
- 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, O.G.; Ticktin, T. 2008. Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology*, 45: 34-40.
- Gaoue, O.G.; Ticktin, T. 2010. Effects of harvest of nontimber forest products and ecological differences between sites on the demography of African Mahogany. *Conservation Biology*, 24: 605-614.
- Ghizoni Jr., I.R.; Layme, V.M.G.; Lima, A.P.; Magnusson, W.E. 2005. Spatially explicit population dynamics in a declining population of the tropical rodent, *Bolomys Lasiurus*. *Journal of Mammalogy*, 86(4): 677-682.
- Gotelli, N.J. 2008. *A Primer of Ecology*, 4th edn. Sinauer Associates, Sunderland.
- Gribel, R.; Lemes, M.R.; Bernardes, L.G.; Pinto, A.E.; Shepard Jr., G.H. 2007. Phylogeography of Brazil-nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae): evidence of human influence on the species distribution. Association for Tropical Biology and Conservation Annual Meeting, Morelia. p. 281.
- Haugaasen, T.; Tuck Haugaasen, J.M. 2010. Cache pilferage may be prominent in Neotropical forests. *Mammalia* 74: 423-425.
- Hecht, S.B.; Posey, D.A. 1989. Preliminary results on soil management techniques of the Kayapó Indians. *Advances in Economic Botany*, 7: 174-188.
- Hewitt, J.E.; Thrush, S.F.; Dayton, P.K.; Bonsdorff, E. 2007. The effect of spatial and temporal heterogeneity on the design and analysis of empirical studies of scale-dependent systems. *American Naturalist*, 169(3): 398-408.
- Homma, A.K.O. 2000. Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje*, 27(159): 70-73.
- Horvitz, C.C.; Shemske, D.W. 1995. Spatiotemporal variation in demographic transitions of a tropical understory herb: projection matrix analysis. *Ecological Monographs*, 65: 155-192.
- IBGE, 2011. Produção da extração vegetal e da silvicultura. (www.ibge.gov.br). Acesso: 05/06/2011.
- Imazon, 2011. (www.imazon.org.br). Acesso: 03/06/2011.
- Jansen, P.A.; Forget, P.M. 2001. Scatterhoarding rodents and tree regeneration. In Bongers, F.; Charles-Dominique, P.; Forget, P.M.; Théry, M. (Eds.). *Noruaques: Dynamics and Plant Animal Interactions in a Neotropical Rainforest*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 275–288.

- Jansen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 465-492.
- Jerozolimski A. 2005. *Ecologia de populações silvestres dos jabutis Geochelone denticulata e G. carbonaria (Cryptodira: Testudinidae) no território da aldeia A'Ukre, TI Kayapó, sul do Pará*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 264pp.
- Jerozolimski, A.; Peres, C.A. 2003. Bringing home the biggest bacon: A cross-site analysis of the structure of hunter-kill profiles in Neotropical forests. *Biological Conservation* 111: 415-425.
- Jerozolimski, A.; Ribeiro, M.B.N. Castanha-do-Brasil: Geração de renda e proteção territorial. *In: Ricardo, B.; Ricardo, F. Povos Indígenas no Brasil 2006/2010*. Instituto Socioambiental, São Paulo. *In press*.
- Jerozolimski, A.; Ribeiro, M.B.N.; Inglês de Sousa, C.N.; Turner, T. Cisões recentes e mobilidade das comunidades Kayapó Gorotire. *In: Ricardo, B.; Ricardo, F. Povos Indígenas no Brasil 2006/2010*. Instituto Socioambiental, São Paulo. *In press*.
- Jonh. R.; Dalling, J.W.; Harms, K.E.; Yavitt, J.B.; Stallard, R.F.; Mirabello, M.; Hubbell, S.P.; Valencia, R.; Navarrete, H.; Vallejo, M.; Foster, R.B. 2007. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 864-869.
- Johnston, K.; Ver Hoef, J.M.; Krivoruchko, K.; Lucas, N. 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analysis*. ESRI, Redlands.
- Jorge, M.S.P.; Peres, C.A. 2005. Population density and home range size of red-rumped agoutis (*Dasyprocta leporina*) within and outside a natural Brazil nut stand in Southeastern Amazonia. *Biotropica*, 37(2): 317-321.
- Kainer, K.A.; Duryea, M.L.; Macedo, N.C.; Williams, K. 1998. Brazil nut seedling establishment and autecology in Extractive reserves of Acre, Brazil. *Ecological Applications*, 8(2): 397-410.
- Kainer, K.A.; Malavasi, M.M.; Duryea, M.L.; Silva, E.R. 1999. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbibition and germination. *Seed Science and Technology*, 27: 731-745.
- Kainer, K.A.; Wadt, L.H.O.; Gomes-Silva, D.A.P.; Capanu, M. 2006. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 147-154.

- Kainer, K.A.; Wadt, L.H.O.; Staudhammer, C.L. 2007. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, 250: 244-255.
- Kanashiro, M.; Harris, S.A.; Simons, A. 1997. RAPD diversity in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Silvae Genetica*, 46: 219-223.
- Laurance, W.F. 2005. When bigger is better: The need for Amazonian mega-reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 645-648.
- Laurance, W.F.; Albernaz, A.K.M.; Fearnside, P.M.; Vasconcelos, H.L.; Ferreira, L.V. 2004. Deforestation in Amazonia. *Science*, 304: 1109.
- Levin, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73: 1943-1967.
- Lester, S.E.; Gaines, S.D.; Kinlan, B.P. 2007. Reproduction on the edge: large-scale patterns of individual performance in a marine invertebrate. *Ecology*, 88(9): 2229–2239.
- Maués, M.M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. - Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. In: Kevan, P.; Fonseca, V.L.I. (Eds). *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Ministry of Environment, Brasília. p. 245-254.
- Miller, C.J. 1990. *Natural history, economic botany, and germplasm conservation of the Brazil Nut tree* (*Bertholletia excelsa*, Humb & Bonpl.). Dissertação de Mestrado, University of Florida, Gainesville, FL.
- Mills, L.S.; Doak, D.F.; Wisdom, M.J. 1999. Reliability of conservation actions based on elasticity analysis of matrix models. *Conservation Biology*, 13: 815-829.
- Mori, S.A. 1992. The Brazil nut industry – past, present and future. In: Plotkin, M.; Farmocare, L. (Eds). *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*, Island Press, Washington, pp. 241-251.
- Mori, S.A.; Prance, G.T. 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany*, 8: 130-150.
- Morsello, C. 2002. *Market Integration and Sustainability in Amazonian Indigenous Livelihoods: The Case of the Kayapó*. Tese de Doutorado, School of Environmental Sciences of the University of East Anglia, East Anglia, UK. 298pp.
- Myers, G.; Newton, A.C.; Melgarejo, O. 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 127: 119-128.

- Nakazono, E.M.; Bruna, E.M.; Mesquita, R.C.G. 2004. Experimental harvesting of the non-timber forest product *Ischnosiphon polyphyllus* in central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 190: 219-225.
- Nepstad, D.C.; Schwartzman, S. 1992. *Non-Timber Products from Tropical Forests: Evaluation of a Conservation and Development Strategy*. The New York Botanical Garden, New York. 164pp.
- Nepstad, D.C.; Tohver, I.M.; Ray, D.; Moutinho, P.; Cardinot, G. 2007. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon Forest. *Ecology*, 88: 2259-2269.
- Neves, E.G.; Petersen, J.B.; Bartone, R.N.; Silva, C.A. 2003. Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: Lehmann, J.; Kern, D.; Glase, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 29-50.
- Ortiz, E.G. 2002. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*). In: Shanley, P.; Pierce, A.R.; Laird, S.A.; Guillen S.A. (Eds). *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan: London. p. 61-74.
- Parker, E. 1992. Forest Islands and Kayapó Resource Management in Amazonia: A Reappraisal of the Apêti. *American Anthropologist*, 94(2): 406-428.
- Pereira, H.S. 1994. Manejo agroflorestal da castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) na região do Lago do Tefê (AM). *Rev. U.A. Série Ciências Agrárias*, 3: 11-32.
- Peres C.A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology*, 14: 240-253.
- Peres, C.A.; Baider, C. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 595-616.
- Peres, C.A.; Schiesari, L.C.; Dias-Leme, C.L. 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 69-79.
- Peres, C.A.; Zimmerman, B. 2002. Perils in parks or parks in peril? Reconciling conservation in Amazonian reserves with and without use. *Conservation Biology* 15: 793-797.
- 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.
- Peres, C.A.; Nascimento, H.S. 2006. Impact of game hunting by the Kayapó of Southeastern Amazonia: Implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. *Biodiversity and Conservation* 15: 2627-2653.
- Peters, C.M. 1994. *Sustainable Harvest of Non-timber Plant Resources in Tropical Moist Forest: An Ecological Primer*. Biodiversity support program, Washington, DC. 48pp.
- Peterson, D.L.; Parker, V.T. 1998. *Ecological Scale*. Colombia University Press, New York.
- Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapó indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, 3: 139-158.
- Pulliam, H.R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist*, 132(5): 652-661.
- Qian, S.S.; Cuffney, T.F.; Alameddine, I.; McMahon, G.; Reckhow, K.H. 2010. On the application of multilevel modeling in environmental and ecological studies. *Ecology*, 91(2): 355-361.
- Quinlan, M. 2005. Considerations for collecting freelists in the field: Examples from ethnobotany. *Field Methods* 17: 219-34.
- Ribeiro, M.B.N.; Ramos-Neto, M.B.; Robert, P.; Faure, J.F.; Magnusson, W.E. 2010. Geoprocessamento como ferramenta para o manejo de castanha-da-Amazônia na Terra Indígena Kayapó, Sul do Pará. 61º Congresso Nacional de Botânica, Manaus, AM, 6 de Setembro de 2010.
- Ricardo, B.; Ricardo, F. 2006. *Povos Indígenas no Brasil 2001/2005*. Instituto Socioambiental, São Paulo. 879pp.
- Richards, M. 1993. The potential of non-timber forest products in sustainable natural forest management in Amazonia. *Commonwealth Forestry Review*, 72: 21-27.
- Robert, P. 2009. Del pi y-kô al bosque certificado: Los varios caminos de la castaña. *Anuario Americanista Europeo*, 6-7: 563-581.
- Roosevelt, A.C.; Lima da Costa, M.; Lopes Machado, C.; Michab, M.; Mercier, N.; Valladas, H.; Feathers, J.; Barnett, W.; Imazio da Silveira, M.; Henderson, A.; Sliva, J.; Chernoff, B.; Reese, D.S.; Homan, J.A.; Toth, N.; Schick, K. 1996. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. *Science*, 272: 373-384.
- Rylands, A.B.; Mittermeier, R.A.; Pilgrim, J.; Gascon, C.; Fonseca, G.; Silva, J.M.C.; Mittermeier, C.G.; Brooks, T.; Rodríguez, J.V.; Singh, J.; Udenhout, W.; Famolare,

- L.; Waldron, N.; Malone, S.; Inchausty, V.H.; del Prado, C.P.; Roca, R.; Cavalcanti, R.; Arjona, F.; López, F.; Hutchinson, C.; van Roosmalen, M.G.M.; Ayres, J.M.; Forsyth, A.; Bowles, I.; Kormos, C.; Mekler, A.; Waller, R.; Palacios, E.; Miranda, F.; Flores, A.L.; Dávalos, L.; Nelson, R.; Fat, A.T.S.; Chun, J.; Akre, T.; Rueda, J.V. 2002. Amazonia. *In*: Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Robles Gil, P.; Pilgrim, J.; Fonseca, G.A.B.; Brooks, T.; Konstant, W.R. (Eds). 2002. *Wilderness: earth's last wild places*. CEMEX, Agrupación Serra Madre, S.C., Mexico. p. 56-107.
- Salm, A.R. 2004. Tree species diversity in a seasonally-dry forest: the case of the Pinkaití site, in the Kayapó Indigenous Area, southeastern limits of the Amazon. *Acta Amazonica* 34: 435-443.
- Schmink, M.; Wood, C. 1992. *Contested Frontiers in Amazonia*. Columbia University Press, New York. 387pp.
- Schwartzman, S.; Moreira, A.; Nepstad, D. 2000. Rethinking tropical forest conservation: perils in parks. *Conservation Biology* 14: 1351-1357.
- Schwartzman, S.; Zimmerman, B. 2005. Conservation Alliances with Indigenous Peoples of the Amazon. *Conservation Biology*, 19(3): 721-727.
- Scoles, R. 2010. *Ecologia e extrativismo da castanheira (Bertholletia excelsa, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 193pp.
- Shanley, P.; Pierce, A.R.; Laird, S.A.; Guillen S.A. 2002. *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan: London.
- 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.
- Shupp, E.W. 1992. The Janzen-Connell model for tropical tree diversity: population implications and the importance of spatial Scale. *American Naturalist* 140: 526-530.
- Silvertown, J. 2004. Sustainability in a nutshell. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 276-278.
- Silvius, K.M.; Fragoso, J.M.V. 2003. Red-rumped agouti (*Dasyprocta leporina*) home range use in an Amazonian forest: implications for the aggregated distribution of forest trees. *Biotropica* 35: 74-83.
- Smith, J.J. 1993. Using ANTHROPAC 3.5 and a spreadsheet to compute a free-list salience index. *Cultural Anthropology Methods Journal* 5: 1-3.

- Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.C.; Curran, L.M.; Cerqueira, G.C.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Voll, E.; McDonald, A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440: 520-523.
- Solorzano-Filho, J.A. 2009. On small mammal sympatry in the Southeastern Amazon and ecological relationships with Brazil nut dispersal and harvesting. PhD Thesis. University of Toronto, Toronto. 170pp.
- Stoian, D. 2004. Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en la Amazonía boliviana. In: Alexiades, M.N.; Shanley, P. (Eds). *Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación - Estudios de Caso Sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales No Maderables*. Centro para la Investigación Forestal Internacional, Jackarta, Indonesia. p. 89-116.
- Stoner, K.E.; Vulinec, K.; Wright, S.J.; Peres, C.A. 2007. Hunting and plant community dynamics in tropical forests: a synthesis and future directions. *Biotropica* 39: 385–392.
- Swaine, M.D.; Lieberman, D.; Putz, F.E. 1987. The dynamics of tree populations in Tropical Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 3: 359-366.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 41: 11-21.
- Ticktin, T.; Nantel, P.; Ramirez, F.; Johns, T. 2002. Effect of variation on harvest limits for nontimber forest species in Mexico. *Conservation Biology*, 16: 691-705.
- Toledo, M.; Poorter, L.; Peña-Claros, M.; Alarcón, A.; Balcázar, J.; Leño, C.; Licona, J.C.; Llanque, O.; Vroomans, V.; Zuidema, P.; Bongers, F. 2011. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology*, 99: 254-264.
- Tuck Haugeaasen, J.M.; Haugeaasen, T.; Peres, C.A.; Gribel, R.; Wegge, P. 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 26(3): 251-262.
- Turner, T. 1992. Os Mebengokre Kayapó: história e mudança social. In: Cunha, M.C. (Ed). *História dos Índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo. p. 311-338.
- Ujvari, B.; Shine, R.; Madsen, T. 2011. Detecting the impact of invasive species on native fauna: Cane toads (*Bufo marinus*), frillneck lizards (*Chlamydosaurus kingii*) and the importance of spatial replication. *Austral Ecology*, 36: 126-130.
- Vermeulen, S.; Sheil, D. 2007, Partnerships for tropical conservation. *Oryx*, 41: 434-440.

- Viana, V.M.; Mello, R.A.; Moraes, L.M.; Mendes, N.T. 1998. Ecologia e manejo da castanha do Pará em reservas extrativistas no Xapurí, Acre. *In: Gascon, C.; Moutinho, P. (Eds). Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Manaus, AM. p. 277-291.
- Veríssimo, A.; Rolla, A.; Ribeiro, M.B.; Salomão, R. 2011. Áreas protegidas na Amazônia Legal. *In: Veríssimo, A.; Rolla, A.; Vedoveto, M.; Futada, S.M. (Eds). Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: Avanços e Desafios*. Imazon, Belém. pp. 15-17.
- Vidal, L.B. 1977. *Morte e vida de uma sociedade indígena brasileira: os Kayapó-Xikrin do rio Cateté*. Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo. 268pp.
- Vieira, S.; Trumbore, S.; Camargo, P.B.; Selhorst, D.; Chambers, J.Q.; Higuchi, N. 2005. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 18502-18507.
- Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Gomes-Silva, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 211: 371-384.
- Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Staudhammer, C.L.; Serrano, R.O.P. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation*, 141: 332-346.
- Winer, B.J.; Brown, D.R.; Michaels, K. M. 1991. *Statistical principles in experimental design*. McGraw-Hill, New York.
- Wright, S.J. 2003. The myriad effects of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6: 73-86.
- Wright, S.J. 2010. The future of tropical forests. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195: 1-27.
- Wright, S.J.; Zeballos, H.; Domínguez, I.; Gallardo, M.M.; Moreno, M.C.; Ibáñez, R. 2000. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal and seed predation in a Neotropical forest. *Conservation Biology* 14: 227-239.
- Zimmerman, B.L.; Peres, C.A.; Malcolm, J.R.; Turner, T. 2001. Conservation and development alliances with the Kayapó of south-eastern Amazonia, a tropical forest indigenous people. *Environmental Conservation*, 28(1): 10-22.
- Zuidema, P.A. 2000. *Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon*. PROMAB, Scientific Series 2, Ribeiralta, Bolívia.

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.

APÊNDICE 1

Informações acerca das entrevistas realizadas com os Kayapó das comunidades de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum

As entrevistas com os índios Kayapó de A'Ukre, Moikarakô e Kikretum foram realizadas de Outubro de 2007 a Fevereiro de 2009. Ao todo foram entrevistados 98 Kayapós de unidades residenciais distintas, sendo 37 in A'Ukre, 32 in Moikarakô and 29 in Kikretum. Do total de entrevistados, 32 são mulheres e 66 são homens. Todos os Kayapó entrevistados já coletaram castanha pelos menos duas vezes e suas idades variaram de 18 a 83 anos. A idade média para as mulheres entrevistadas foi de 44,2 anos \pm 18,1 DP, enquanto para os homens a idade média foi de 43,5 anos \pm 16,6 anos DP. O protocolo de entrevistas foi traduzido para o Kayapó com o auxílio de um tradutor indígena.

Antes do início das entrevistas foram realizadas reuniões em cada aldeia Kayapó com o intuito de apresentar e explicar, em linguagem acessível e com tradução em Kayapó, os objetivos, a importância e os métodos da presente pesquisa para todos os membros da comunidade. Além disso, um termo de consentimento livre e esclarecido foi lido em Kayapó e seu objetivo explicado, assim como sua importância para proteger cada indivíduo entrevistado, assegurando total entendimento de todos os membros da comunidade em questão. Este trabalho e as entrevistas realizadas estão de acordo com os requisitos com Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

O conteúdo das entrevistas encontra-se a seguir.

Protocolo para entrevistas

Nome:

Unidade Residencial:

Sexo:

Idade:

Comunidade:

Tempo de residência na comunidade:

1. Quais os castanhais que existem no território da sua aldeia? Faça uma lista (*free-listing*).
2. De qual castanhal você coleta mais castanha? Em que anos você coletou neste castanhal?
3. Em qual castanhal você quebra castanha primeiro?
4. Você coletou castanhas durante os períodos de extração de madeira e mineração? De que castanhais?
5. Você se lembra em que anos você coletou castanha no passado? De que castanhais?
6. Em um ano, quantas sacas de castanha você coleta?
7. Quantas destas sacas são para comer?
8. Você se lembra como foi a safra de castanha do ano anterior? E a safra deste ano?
9. Vocês já tiveram algum projeto de castanha nesta comunidade? Se sim, qual projeto e quando ele aconteceu? De que castanhais você coletou castanha durante este projeto?
10. Você já plantou castanha em algum local? Se sim, onde e por que?
11. Você tem conhecimento de algum parente mais velho ou ancestral seu que plantava castanha?
12. Você gosta de comer cutias?
13. Você caça cutias?
14. Você caça nos castanhais?
15. Você já matou alguma cutia nos castanhais?

ANEXO 1

Jerozolimski, A.; Ribeiro, M.B.N. Castanha-do-Brasil: Geração de renda e proteção territorial. In: Ricardo, B.; Ricardo, F. *Povos Indígenas no Brasil 2006/2010*. Instituto Socioambiental, São Paulo. No prelo.

Castanha-do-Brasil: Geração de renda e proteção territorial

Adriano Jerozolinski, biólogo/superintendente da Ass.Floresta Protegida
Maria Beatriz N. Ribeiro, bióloga doutoranda/Inpa

SE NO FINAL DA DÉCADA DE 80 E ANOS 90 OS KAYAPÓ DO SUL DO PARÁ SE DESTACARAM PELO ENVOLVIMENTO COM ATIVIDADES PREDATÓRIAS REALIZADAS EM SEUS TERRITÓRIOS, COMO A MINERAÇÃO DE OURO E A EXPLORAÇÃO DE MOGNO, NOS ÚLTIMOS ANOS A MAIORIA DAS COMUNIDADES KAYAPÓ TEM BUSCADO APOIO PARA PROTEGER SEUS TERRITÓRIOS E DESENVOLVER INICIATIVAS SUSTENTÁVEIS DE GERAÇÃO DE RENDA.

Este artigo descreve tais iniciativas desenvolvidas em três comunidades Kayapó – A’Ukre, Moikarakô e Kikretum – pela Associação Floresta Protegida (AFP), organização indígena não-governamental fundada em 2002 que, atualmente, representa onze comunidades Kayapó, dez delas localizadas na TI Kayapó e uma localizada na TI Menkragnoti, no sul do Estado do Pará.

Por que castanha?

A castanha é um recurso extremamente abundante nos territórios de muitas comunidades Kayapó, favorecendo a sustentabilidade de sua exploração, assim como sua viabilidade econômica e seu potencial para atender as demandas das comunidades. A coleta da castanha é uma atividade tradicional, sobre a qual os Kayapó têm total conhecimento e domínio, não exigindo, como outras alternativas de geração de renda, processos de capacitação. Além disso, a renda gerada por esta atividade é totalmente compatível com a capacidade de gestão das comunidades Kayapó e distribuída entre a grande maioria de seus membros, já que participam da coleta homens e mulheres, jovens e adultos.

Por ser uma árvore nativa e apresentar uma ampla distribuição nas florestas da região, sua exploração também contribui para a conservação dessa área conhecida como “Arco do Desmatamento”. Este vínculo direto com a conservação florestal favorece a captação de recursos junto a organizações interessadas nos diversos benefícios gerados pela conservação

das florestas, incluindo a manutenção do clima e regime de chuvas e a conservação da biodiversidade. Outro importante aspecto que torna a castanha um produto promissor para a geração de renda é a existência de mercados consumidores, tanto no Brasil quanto no exterior, associado à possibilidade de agregar valor a este produto através de intervenções simples em sua cadeia produtiva, gerando mais benefícios para as comunidades produtoras. Por fim, a coleta de castanha contribui diretamente para a proteção territorial, para a complementação da dieta, assim como para o fortalecimento cultural. O fato de muitos castanhais estarem localizados em regiões vulneráveis dos territórios Kayapó, próximos aos seus limites, faz com que a presença dos Kayapó durante o período de coleta ou de manutenção das trilhas, iniba a prática de atividades ilegais e predatórias por terceiros.

Os coletores têm acesso a regiões onde, pelo maior distanciamento das áreas mais utilizadas pela comunidade, a disponibilidade de caça é significativamente maior, favorecendo o aumento do consumo de proteína animal. Além disso, nas regiões próximas de muitos castanhais são encontrados recursos florestais que não ocorrem nas proximidades das aldeias. Assim, durante a coleta de castanha, os Kayapó também desenvolvem outras atividades extrativistas, como a coleta de frutos, de remédios tradicionais e de materiais para a confecção de artesanato. Por fim, a longa permanência das famílias nos acampamentos de coleta de castanha proporciona a oportunidade para a transmissão de conhecimentos dos mais velhos aos mais novos, contribuindo para o fortalecimento cultural material e imaterial dos Kayapó.

Situação antes do projeto e os primeiros passos

Com o fim da iniciativa de produção de óleo de castanha apoiada pela empresa inglesa *The Body Shop*, entre 1991 a 2003, a comunidade de A'Ukre praticamente deixou de comercializar este produto devido à dificuldade de obtenção de preços que compensassem os altos custos de escoamento de sua produção. Na comunidade de Moikarakô, a baixa abundância deste recurso em seu território também associada ao preço baixo obtido nos mercados locais também não tornava a comercialização da castanha uma atividade atrativa. Exceção neste cenário era a comunidade de Kikretum que, tanto pela maior facilidade de escoamento de sua produção, quanto pela grande abundância de castanhais em seu território, vinha comercializando sua produção no mercado local ou regional por preços baixos.

Buscando atender a demanda de apoio ao desenvolvimento de iniciativas de geração de renda apresentada pela maioria das comunidades Kayapó que representa, a AFP iniciou, em dezembro de 2005, um levantamento de informações sobre o uso da castanha-do-Brasil em A'Ukre, Moikarakô e Kikretum, Tais informações subsidiaram a elaboração de um plano de negócios destinado a avaliar a viabilidade econômica da produção e comercialização dos principais sub-produtos da castanha.

Os resultados do plano de negócios foram apresentados para as três comunidades em agosto de 2006 e todas decidiram que estruturariam iniciativas voltadas ao mercado alimentício e que trabalhariam, pelo menos inicialmente, com a comercialização da castanha *in natura* (com casca). Como forma de melhorar a qualidade da castanha e atender às exigências sanitárias dos mercados nacional e internacional, especialmente em relação à contaminação por aflatoxinas, a AFP passou a investir em infra-estrutura e capacitação em “boas práticas de manejo”.

No segundo semestre de 2007, a AFP construiu galpões para secagem e armazenagem de castanha nas três comunidades mencionadas acima. Entre dezembro de 2007 e dezembro de

2009 foram realizadas três oficinas de capacitação para o gerenciamento destas iniciativas no âmbito das comunidades e para a adoção de um conjunto de “boas práticas de manejo”, voltadas principalmente para a melhora da qualidade da castanha produzida. Neste processo foram capacitados dois representantes de cada comunidade para assumir os trabalhos nos galpões, incluindo o controle da quantidade (registro no livro controle) e da qualidade de castanha entregue por cada coletor, a secagem e a posterior armazenagem da castanha nos galpões, além da emissão dos recibos utilizados para o pagamento de cada coletor no escritório da AFP, em Tucumã.

Acesso a políticas públicas

Visando obter o capital de giro necessário para alavancar as iniciativas de manejo e comercialização de castanha do Brasil pelas comunidades Kayapó de Kikretum, Moikarakô e A'Ukre, em 2008 e 2009 a AFP, com apoio da Funai de Tucumã, obteve empréstimos do Programa de Aquisição de Alimentos da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Estes empréstimos foram utilizados para remunerar os Kayapó pela entrega da castanha nos galpões destinados à secagem e à armazenagem deste produto, construídos em suas aldeias, mobilizando as comunidades para o uso dos galpões e das “boas práticas de manejo”. Sem esse capital de giro, seria muito difícil conseguir formar o estoque nos galpões, processo necessário para a negociação com compradores diferenciados. A instituição da política do preço mínimo para a castanha do Brasil (R\$ 52,49/hectolitro) também teve um papel chave para a estabilidade destas iniciativas, pois permitiu a definição de um valor para a remuneração dos coletores Kayapó.

Devido à significativa diminuição das chuvas na região em meados abril, a castanha armazenada nos galpões construídos nas aldeias precisa ser escoada até a cidade de Tucumã, antes dos níveis dos rios baixarem a ponto de inviabilizar a circulação de barcos com carga pesada. Como não havia um espaço adequado para a armazenagem da castanha produzida pelas comunidades Kayapó em Tucumã, em outubro de 2009 a AFP apoiou o então Núcleo de Apoio Operacional da Funai de Tucumã (atual Coordenação Regional de Tucumã) na submissão de uma proposta ao colegiado do Território da Cidadania Sul do Pará/Alto Xingu para a construção de dois galpões destinados à armazenagem de castanha em Tucumã. A construção destes galpões, com capacidade para armazenar cerca de 250 toneladas de castanha, foi viabilizada através da assinatura de um Termo de Cooperação entre o MDA e a Funai e iniciada, em janeiro de 2011.

Por fim, uma proposta que está em fase final de avaliação, foi apresentada ao programa Carteira Indígena, do MMA, visando fortalecer estas iniciativas através (1) da aquisição de secadores rotativos a serem acoplados aos dois galpões em construção em Tucumã, (2) da construção de 10 galpões de pequeno porte (6m X 4m) a serem construídos em castanhais estratégicos nos territórios de cinco comunidades Kayapó e (3) do intercâmbio de experiências entre representantes destas comunidades com representantes de duas outras iniciativas de manejo e comercialização de castanha, no Mato Grosso e no Acre.

Monitoramento da sustentabilidade da exploração e certificação orgânica

Em parceria com pesquisadores do Inpa, a AFP tem realizado a avaliação da sustentabilidade da exploração de castanha pelos Kayapó. Os resultados preliminares desta pesquisa indicam que a exploração realizada pelos Kayapó é sustentável e, inclusive, que existe a possibilidade da atividade ser expandida em algumas comunidades onde é muito alta a abundância de

castanhais. A parceria com tais pesquisadores também viabilizou a elaboração do “Projeto extrativista sustentável orgânico”, documento exigido pela empresa que realizou a certificação orgânica das iniciativas de castanha-do-Brasil das comunidades Kayapó apoiadas pela AFP. A AFP também está monitorando a contaminação por aflatoxinas da castanha produzida pelas comunidades Kayapó em questão, visando se adequar às exigências dos mercados mais restritivos, como o mercado europeu.

Resultados

Como resultado direto da estruturação destas iniciativas a AFP conseguiu viabilizar a comercialização total das safras de 2008/2009 (60 toneladas), 2009/2010 (100 toneladas) e da safra de 2010/2011 (100 toneladas) das comunidades de A’Ukre, Moikarakô e Kikretum por preços bastante superiores ao preço mínimo estabelecido pelo governo federal para a castanha do Brasil. Nas safras mencionadas, o hectolitro da castanha dos Kayapó foi comercializado a R\$ 78,00, R\$ 72,00 e R\$ 90,00, respectivamente, o que representa preços entre 20 e 50% superiores ao preço mínimo deste produto.

Os bons resultados alcançados por estes projetos nas comunidades de A’Ukre, Moikarakô e Kikretum atraíram a atenção de outras comunidades Kayapó (Kokraimoro e Pukararankre), que passaram recentemente a fazer parte destas iniciativas. No entanto, apesar dos avanços em relação à qualidade da castanha produzida pelas comunidades Kayapó, os resultados obtidos em análises laboratoriais ainda indicam a necessidade de continuidade do monitoramento da qualidade da castanha produzida, bem como dos processos de capacitação para a adoção de boas práticas de manejo junto às comunidades.

Desafios

Os maiores desafios enfrentados durante o desenvolvimento destas iniciativas foram:

- Formação do capital de giro necessário para cobrir tanto as despesas com as etapas de coleta e escoamento da produção, quanto a remuneração mínima dos coletores para garantir a formação de estoque;
- Estabelecimento de um mecanismo de controle social efetivo nas comunidades Kayapó que estimule a adoção das boas práticas de manejo;
- Produção de uma castanha com níveis de contaminação por aflatoxinas abaixo dos limites aceitos pelos mercados internacionais, especialmente o europeu;
- Obtenção de documentos exigidos para o acesso a políticas públicas com potencial para fortalecer estas iniciativas (ex. Declarações de Aptidão ao Pronaf para acesso ao Programa de Aquisição de Alimentos);
- Capacitação das comunidades Kayapó visando o fortalecimento de sua autonomia na gestão destas iniciativas.

Conclusões

Considerando que entre os principais objetivos da AFP estão: a promoção da valorização cultural, o fortalecimento da proteção territorial e o desenvolvimento de iniciativas sustentáveis de geração de renda, as iniciativas de manejo e comercialização de castanha-do-Brasil representam uma interessante oportunidade para se trabalhar de forma integrada tais objetivos, contribuindo para a maior autonomia econômica das comunidades Kayapó e para a gestão sustentável de seus territórios.