

**IVANILDA SOARES FEITOSA**

**IMPACTOS DO EXTRATIVISMO DE CASCAS DO CAULE DE  
*Stryphnodendron rotundifolium* Mart. E ESTRATÉGIAS DE FORRAGEIO DE  
COLETORES LOCAIS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL**

**RECIFE/2017**

**IVANILDA SOARES FEITOSA**

**IMPACTOS DO EXTRATIVISMO DE CASCAS DO CAULE DE  
*Stryphnodendron rotundifolium* Mart. E ESTRATÉGIAS DE FORRAGEIO DE  
COLETORES LOCAIS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Etnobiologia e Conservação da Natureza da  
Universidade Federal Rural de Pernambuco como  
parte dos requisitos para o título de Doutor

Orientador:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque  
Departamento de Botânica/UFPE

Coorientadores:

Prof.Dr. Júlio Marcelino Monteiro  
Departamento de Biologia/ Floriano/UFPI  
Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo  
Departamento de Biologia/ UFRPE

**RECIFE/ 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F311i Feitosa, Ivanilda Soares  
Impactos do extrativismo de cascas do caule de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. e estratégias de forrageio de coletores locais no semiárido do nordeste do Brasil / Ivanilda Soares Feitosa. – 2017.  
116 f. : il.

Orientador: Ulysses Paulino de Albuquerque.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Recife, BR-PE, 2017.  
Inclui referências e anexo(s).

1. Extrativismo 2. Conhecimento 3. Floresta Nacional do Araripe  
I. Albuquerque, Ulysses Paulino de, orient. II. Título

CDD 304.2

**IMPACTOS DO EXTRATIVISMO DE CASCAS DO CAULE DE  
*Stryphnodendron rotundifolium* Mart. E ESTRATÉGIAS DE FORRAGEIO DE  
COLETORES LOCAIS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL**

Ivanilda Soares Feitosa

Tese apresentada \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque  
Universidade Federal de Pernambuco

Examinadores:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Carmen Silvia Zickel  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Jarcilene Silva de Almeida Cortez  
Universidade Federal de Pernambuco

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Ana Virgínia Lima Leite  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Washington Soares Ferreira Júnior  
Universidade de Pernambuco

Suplente:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo Alves Ramos  
Universidade de Pernambuco

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antônio Fernando Morais de Oliveira  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedicatória

A minha família pelo apoio e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter dado o dom da vida e ter me dado a chance de chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque, a quem eu tenho a honra de dizer que foi uma peça indispensável no meu crescimento pessoal e profissional. Sem ele, essa tese provavelmente não estaria concluída. Em muitos momentos ele foi o combustível para essa tese não parar. A ele meu eterno agradecimento.

A minha coorientadora, Prof. Dra. Elcida de Lima Araújo, que juntamente com Prof. Dr. Ulysses, assumiram um papel muito importante na minha caminhada. A senhora foi como uma mãe que me orientou e me acolheu nos momentos em que eu mais precisei.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Julio Marcelino Monteiro, que contribuiu com seus ensinamentos e sugestões.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – (Capes) pelo incentivo financeiro concedido pela bolsa do doutorado.

A coordenação do Programa de Pós-graduação de Etnobiologia e Conservação da Natureza, na pessoa da Profa. Nicola Schiel, pela total atenção nos momentos que precisei.

A Kênia Freire, secretária do Programa de Pós-graduação de Botânica, sempre me auxiliando nos momentos de dificuldades e dúvidas.

Aos meus amigos do Laboratório de Ecologia e Evolução e Sistemas Socioecológicos que direta e indiretamente participaram para o melhoramento do meu trabalho.

Aos meus amigos, Gilney Charll e Arnaldo Júnior, pelos inúmeros momentos de alegria e descontração, pela incondicional amizade e lealdade dispensados a mim durante tantos anos de curso.

A minha amiga e irmã Poliana Cordeiro que iniciou comigo essa caminhada e foi bem mais além da vida acadêmica, sempre comigo nos momentos de dificuldade (que não foram poucos).

Aos meus amigos do coração Juliana Loureiro, Andresa Suana, Washington Soares, André Sobral pelos conselhos e carinho.

Aos meus amigos de Daniel Carvalho, Leonardo Chaves, André Santos e Temótio Silva, pelo apoio, amizade e alegria que me deram.

Aos meus companheiros de turma do PPGEthno, por toda nossa caminhada.

Aos guardas do ICMBio, Rivaldo, Thiago, Gilmário e Luiz, pela atenção e cordialidade em toda minha permanência na Floresta Nacional do Araripe.

A comunidade Horizonte, distrito da cidade de Jardim, onde todos os meus informantes faziam morada. Comunidade essa que me serviu de casa durante tantos anos do mestrado e doutorado, o meu muito obrigado.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. A: Local de coleta de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. realizada pelos extratores da Comunidade local. B: Detalhe de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart..... 45

### CAPÍTULO 2

Figure 1. Details of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. individuals, simulating extractivism damages of stem bark, selected in the two areas of Cerrado, in the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. A: treatment I (10x2) 20 cm<sup>2</sup>; B: treatment II (6x5) 30 cm<sup>2</sup>; C: treatment III (8x5) 40 cm<sup>2</sup>; D: treatment IV (10x5) 50 cm<sup>2</sup>..... 67

Figure 2. A: Monthly total bark regeneration rates; B: Monthly edge growth of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. Individuals on area 1. I (←→, ■): 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (←→, ■): 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>), III (←→, ■): 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>), IV (←→, ■): 10x5 cm (50 cm<sup>2</sup>)..... 70

Figure 3. A: Monthly total bark regeneration rates; B: Monthly edge growth of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. Individuals on area 2. I (←→, ■):10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (←→, ■):6x5cm(30cm<sup>2</sup>),III (←→, ■):8x5cm(40cm<sup>2</sup>),IV (←→, ■): 10x5cm(50cm<sup>2</sup>)..... 71

Figure 4. Monthly bark regeneration rates and its relation with the monthly precipitation in area 1 (A) and in area 2 (B). I (←→): 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (←→): 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>), III (←→): 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>), IV (←→): 10x5 cm (50cm<sup>2</sup>)..... 73



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Relação entre a distância percorrida, a disponibilidade do recurso e o número de extratores que selecionou cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.....	49
Tabela 2. Relação entre a disponibilidade de casca e a quantidade de casca coletada em cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.....	50
Tabela 3. Relação entre a distância percorrida, a quantidade de casca coletada e o tempo de permanência dos extratores em cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.....	51

### CAPÍTULO 2

Table 1. Descriptive statistics of the bark regeneration values of <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. in each of the treatments simulating extractivism damages (T1: 20 cm <sup>2</sup> , T2: 30 cm <sup>2</sup> , T3: 40 cm <sup>2</sup> , T4: 50 cm <sup>2</sup> ) in two Cerrado areas in the Araripe National Forest, Ceara, Brazil. Area 1-Malhada Bonita; Area 2- Alojamento.....	68
Table 2. Results of the analysis of variance of bark regeneration of <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. in different treatments simulating extractivism damages (T1: 20 cm <sup>2</sup> , T2:30 cm <sup>2</sup> , T3:40 cm <sup>2</sup> , T4:50 cm <sup>2</sup> ) in two Cerrado areas in the Araripe National Forest, Ceara, Brazil. Area 1-Malhada Bonita; Area 2- Alojamento.....	69

## RESUMO

Muitas populações rurais ainda coletam recursos vegetais para a sua subsistência. Alguns pesquisadores acreditam que essa coleta obedeça a uma lógica de custo/benefício, na qual o extrator sempre busca obter o melhor retorno possível. Sabendo disso, a questão que motivou o desenvolvimento dessa tese foi entender o processo de coleta de um recurso medicinal, que compreende desde as estratégias adotadas pelos extratores no momento da seleção de suas áreas para obtenção do recurso, até o momento que o recurso está pronto para ser novamente explorado. Para acessar esse cenário, esta tese foi dividida em dois eixos. O primeiro compreende a análise do comportamento dos extratores na coleta de casca de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. com base na Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO). O segundo analisa a influência dos impactos da coleta na regeneração de casca do caule da mesma espécie. A espécie é bastante conhecida e explorada pelas comunidades ao entorno da Floresta Nacional do Araripe, mas especificamente o distrito Horizonte, Ceará, Brasil. Dentro do repertório de plantas medicinais utilizadas por essa comunidade, o “barbatimão” como é conhecida popularmente essa espécie, é uma das plantas mais utilizadas no tratamento de inflamação e cicatrização de ferimentos. Realizamos excursões com 38 extratores afim de coletar informações sobre a seleção de áreas e indivíduos para coleta, a quantidade de casca coletada e a distância percorrida da comunidade até o seu local de coleta. Concomitantemente, em duas áreas distintas de Cerrado, foram montados experimentos visando acompanhar o processo de regeneração de casca sob diferentes intensidades de danos. Nossos resultados mostraram que os extratores não se comportam de acordo com as variáveis previstas pela TFO. Os extratores não seguem o comportamento orientado para a maximização contínua dos recursos. Isso provavelmente é devido a coleta ser realizada de acordo com a demanda do comércio, o que nem sempre é elevada. Junto a isso, tem a fiscalização dos órgãos de proteção e a competição por recursos pelos diversos extratores. Essas três variáveis combinadas fazem por diversas vezes que os extratores não adotem o comportamento ótimo previsto pela teoria. Os resultados referentes aos impactos da coleta na regeneração de casca, revelaram que os indivíduos que apresentaram as maiores intensidades de dano foram as que obtiveram as maiores taxas de regeneração. Embora isso aconteça, nenhum indivíduo apresentou toda a sua casca regenerada. Diante do exposto acima conclui-se que, tomando por base a não otimização da coleta pelos extratores por ser fixada na

demanda individual, isso significa que as estratégias são variáveis e incertas uma vez que as mesmas flutuam diretamente em conjunto com essa demanda comercial. Isso aliado ao fato de que os indivíduos de *S. rotundifolium* demoram mais de dois anos para regenerarem totalmente suas cascas, e entendendo que os cortes simulados são bem menores que os realizados na prática real, entende-se que essa prática merece maior atenção visando a sua sustentabilidade.

Palavras-chave: critério de seleção, regeneração de casca, obtenção de recursos, estratégias de otimização, comportamento social.

## ABSTRACT

Many rural populations still collect plant resources for their livelihoods. Some researchers believe that this collection follows a cost/benefit rationale, in which the extractor always seeks to obtain the best possible return. With that in mind, the question that motivated the development of this thesis was to understand the process of collecting a medicinal resource, which includes from the strategies adopted by the extractors when selecting their areas to obtain the resource, up to the moment the resource is ready to be explored again. To access this scenario, this thesis was divided into two axes. The first comprises the analysis of the behavior of the extractors in the bark collection of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. based on the Optimum Foraging Theory (TFO). The second analyzes the influence of the impacts of the collection on the regeneration of stem bark of the same species. The species is well known and exploited by the communities around the Araripe National Forest, more specifically in the Horizonte district, Ceará, Brazil. Within the set of medicinal plants used by this community, "barbatimão" as it is popularly known, is one of the plants most used in the treatment of inflammation and wound healing. We conducted excursions with 38 extractivists in order to collect information on the selection of areas and individuals for collection, the amount of bark collected and the distance traveled from the community to its collection site. Concomitantly, in two distinct areas of Cerrado, experiments were set up to follow the process of regeneration of bark under different intensities of damages. Our results showed that extractivists do not behave according to the variables predicted by TFO. Extractors do not follow behavior oriented towards the continuous maximization of resources. This is probably due to the collection being executed according to the demand of the trade, which is not always high. Along with this, there is the inspection of the protection organs and the competition for resources by different extractivists. These three variables combined cause frequently that the extractivists do not adopt the optimal behavior predicted by the theory. The results relative to the impacts of the collection on bark regeneration showed that the individuals with the highest damage intensities were those that obtained the highest regeneration rates. Although it occurs, no individual has presented a complete regeneration of its bark. Considering the above, it is concluded that, based on the non-optimization of collection by the extractivists because it is based on the individual demand, this means that the

strategies are variable and uncertain, since they fluctuate directly in conjunction with this commercial demand. This, together with the fact that *S. rotundifolium* individuals take more than two years to fully regenerate their bark, and considering that the simulated cuts are much smaller than those performed in real practice, it is assumed that this practice deserves greater attention in order to achieve its sustainability.

**Keywords:** selection criteria, bark regeneration, acquiring resources, optimization strategies, social behavior.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1.INTRODUÇÃO GERAL .....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA- TEORIA DO FORRAGEAMENTO ÓTIMO E ETNOBIOLOGIA.....	18
2.1 Introdução .....	18
2.2 Uma abordagem histórica sobre a Teoria do Forrageamento Ótimo.....	19
2.3 Construção dos modelos e suas aplicações em contextos humanos .....	29
2.4 Críticas a teoria do forrageamento ótimo .....	35
3. Implicações ecológicas da extração de cascas do caule .....	39
3. REFERÊNCIAS .....	43
<b>CAPÍTULO 1: Coletores de plantas medicinais não otimizam seu comportamento de acordo com as previsões da teoria do forrageamento ótimo.....</b>	49
RESUMO .....	50
INTRODUÇÃO .....	51
MATERIAL E METODOS.....	52
Área de estudo .....	52
Espécie modelo e comunidade local .....	53
Aspectos éticos e legais.....	54
Procedimentos.....	55
Construção do modelo de análise.....	55
Análise dos dados .....	57
RESULTADOS.....	58
<b>Extratores selecionam os locais de coleta com maior disponibilidade do recurso e menor distância do lugar central? .....</b>	58
<i>Extratores coletam mais recursos em locais com maior disponibilidade? .....</i>	58
<b>Quanto maior for a distância percorrida na viagem maior será a quantidade de casca coletada, o tempo de permanência nos locais de coleta pelos extratores? .....</b>	59
DISCUSSÃO .....	61
CONCLUSÃO .....	65
REFERÊNCIAS .....	66
<b>CAPÍTULO 2: Impact of collection on bark regeneration from <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. in Northeastern Brazil.....</b>	70

	xiv
Abstract .....	71
<b>Material and methods</b> .....	74
Study area .....	74
Experimental design and data sampling .....	75
<b>Results</b> .....	77
<b>Discussion</b> .....	82
Bark regeneration of <i>S. rotundifolium</i> Mart .....	82
Patterns of bark regeneration and precipitation .....	84
Suggestions for collection and sustainable use of the species <i>S. rotundifolium</i> Mart.....	85
<b>References</b> .....	87
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	92
<b>Anexo I - Normas para publicação da revista Behavioral Ecology</b> .....	94
<b>Anexo II - Normas para publicação da Environmental Monitoring and Assessment</b> .....	104

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A questão que motivou o desenvolvimento dessa tese foi entender o processo de coleta de um recurso medicinal, que compreende desde as estratégias adotadas pelos extratores no momento da seleção de suas áreas para obtenção do recurso, até o momento que o recurso está pronto para ser novamente explorado.

Dessa forma, os objetivos centrais dessa tese de doutorado estão distribuídos em dois eixos distintos: (i) compreender as estratégias de forrageamento utilizadas na coleta de casca de *Stryphnodendron rotundifolium*, a fim de observar se o comportamento dos extratores se enquadra nas premissas da Teoria do Forrageamento Ótimo; (ii) identificar o tempo que as cascas dos indivíduos de *Stryphnodendron rotundifolium* levam para regenerar após o dano decorrente da coleta, bem como analisar se fatores como: a intensidade de coleta e as condições ambientais, como a precipitação pluviométrica, influenciam no tempo de resposta dos tecidos.

Visto isso, várias teorias da ecologia são utilizadas como modelo para tentar explicar a exploração dos recursos vegetais por populações humanas (LOPES e BEGOSSI, 2011; BEGOSSI, 1993). Evidências têm demonstrado que as mesmas obtêm seus recursos a partir de uma relação de custo/benefício, o que se enquadra no comportamento dos forrageadores esperado pela teoria do forrageamento ótimo (LADIO e LOZADA, 2000; LADIO e LOZADA, 2003; LADIO e LOZADA, 2004; LOPES e BEGOSSI, 2011; SOLDATI e ALBUQUERQUE, 2012). Contudo, mesmo diante da grande contribuição dessa teoria para entender questões relacionadas ao uso dos recursos, mas no que se refere às plantas medicinais são poucos os estudos que tiveram essa teoria como base (SOLDATI e ALBUQUERQUE, 2012).

De acordo com a relação observada acima, os forrageadores tomam suas decisões, visando sempre maximizar o seu fitness, assumindo que os mais adaptados são os que conseguem obter maior taxa de energia por unidade de tempo (MACARTHUR e PIANKA, 1966). Durante esse processo, os forrageadores gastam energia e tempo, assim, à distância a ser percorrida influencia a escolha do local visitado (MACARTHUR e PIANKA, 1966), levando aos forrageadores escolherem áreas que combinem a qualidade e a distância (CHAVES e ALVES, 2010; SOLDATI e ALBUQUERQUE, 2012). Contudo, além das variáveis presentes nos habitats, a presença de predadores e competidores também são responsáveis pelas decisões dos forrageadores na seleção de



áreas para obtenção dos recursos, portanto mesmo que outras variáveis sejam favoráveis a seleção de uma determinada área, se na mesma o risco de ser predado for alto, o forrageador desiste forragear.

Atualmente, as estratégias das populações locais no uso dos recursos naturais vêm sofrendo diferentes influências, representando bem as condições de competição e predação no cenário humano. As mesmas são motivadas pela pressão de mercado, a intensificação dos conflitos entre as populações locais e o ICMBio, os conflitos entre os próprios extratores na obtenção dos recursos e a degradação ambiental, todas essas situações levando a sérios riscos a conservação ao longo prazo das espécies (BEGOSSI, 2004).

Muitas espécies são intensamente coletadas com o objetivo de suprir a demanda do comércio de plantas medicinais (BORGES FILHO e FELFILI, 2003) sendo fornecidas como matéria prima para indústrias nacionais e internacionais (TICKTIN e NANTEL, 2004), como é o caso da coleta de casca de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, a estratégia de maximização constante do forrageador pode levá-los a coletarem excessivamente, levando as populações vegetais ao declínio. Contudo, segundo Lopes e Begossi (2011), consideram que dependendo das características biológicas das espécies pode-se continuar coletando os recursos de acordo com as premissas da teoria e mesmo assim fazer isso de forma sustentável, entretanto, parte da responsabilidade na sustentabilidade da prática dependerá da espécie em questão, bem como da intensidade da coleta (ASHOK et al., 2011). Segundo Cunningham (2001), a intensidade da coleta influencia na velocidade de regeneração das cascas das espécies, contudo é preciso levar em consideração juntamente a esse fator, as condições ambientais que podem variar de acordo com a região (BIGGS, 1986).

O cenário escolhido para o nosso estudo foi a Floresta Nacional do Araripe, no semiárido Nordeste, no estado do Ceará, na qual várias espécies úteis são coletadas por diversas comunidades locais que vivem ao seu entorno. Estruturei esta tese primeiramente em uma revisão de literatura, na qual apresento os dois eixos na qual ela está alicerçada. O primeiro eixo está construído em cima da abordagem histórica da teoria do forrageamento ótimo, os modelos teóricos que norteiam a mesma, em que faço a aplicação da teoria da forma original em contextos humanos, levanto as críticas de estudiosos sobre essa aplicação. Por fim, comento sobre a coleta de recursos sobre o olhar do forrageamento social. O segundo eixo está fundamentado nos impactos decorrentes da

exploração de casca de espécies alvos de extrativismo e como os mesmos influenciam no tempo de regeneração.

A ideia dessa tese partiu da necessidade de entender como acontece a exploração de casca dos indivíduos de *S. rotundifolium* Mart. Para compreender como esse processo acontece, é necessário avaliar os dois elos presentes na extração desse ou qualquer recurso. O qual começa no momento da decisão de qual estratégia utilizar na seleção das áreas e obtenção dos recursos e termina após o recurso ter sido regenerado em seus indivíduos. Acredito que esses dois eixos são distintos, porém se complementam, uma vez que as ações exercidas pelos extratores afetam diretamente as plantas, da mesma forma que o tempo de resposta das plantas em regenerar seus recursos afeta diretamente as estratégias de coleta dos extratores.

A partir dessas informações pode-se auxiliar na elaboração de estratégias de conservação e plano de manejo da espécie, tendo em vista que esse recurso é bastante explorado pelas comunidades que vivem no entorno dessa Floresta. Para responder tais questões essa tese foi dividida em dois capítulos. No capítulo um, verificamos através do modelo de forrageamento central da Teoria do forrageamento ótimo, se o comportamento dos extratores de casca é influenciado pelas variáveis disponibilidade do recurso, quantidade de recurso coletado, tempo e distância percorrida até o local de coleta. Esses dados foram coletados em 10 meses, compreendendo o período de junho de 2013 a março de 2014. A escolha desse modelo foi motivado por ser assemelhar bastante ao cenário real estudado. No modelo de forrageamento central os forrageadores têm um lugar fixo para qual eles devem levar seus recursos, e é com base nesse lugar que eles utilizam essas variáveis para decidir qual melhor estratégia utilizar. O maior desafio de utilizar esse modelo no contexto estudado foi a proibição dessa prática dentro da Unidade de conservação. Esse fato fez com que no início os extratores tivessem receio de dar informações e selecionassem suas áreas de forma livre. Desafio este que foi vencido com o tempo.

No capítulo dois, analisamos através da simulação da prática de coleta em indivíduos de *S. rotundifolium* Mart. o tempo que esse recurso leva para regenerar, bem como quais fatores influenciam nesse processo de regeneração da casca. Os dados para responder as questões do capítulo foram coletados ao longo de dois anos de acompanhamento mensal que compreendeu os meses de junho de 2013 a maio de 2015. Esse método de simular diferentes tipos de danos nos indivíduos estudados, partiu da

ideia de que a intensidade influencia a velocidade de regeneração de forma direta. Como no contexto real, os extratores coletam casca de diferentes formas, uns de forma mais intensa, enquanto outros exploram menos, assim pretendíamos simular intensidades diferentes a fim de ver a sua influência. Porém, apesar desse método ser interessante para verificar nossas hipóteses, nosso maior desafio foi que os extratores não interferissem no experimento, uma vez que dentro da Unidade de Conservação todos os ambientes podem ser visitados pelos extratores.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA- TEORIA DO FORRAGEAMENTO ÓTIMO E ETNOBIOLOGIA**

### **2.1 Introdução**

Muitas teorias e hipóteses originadas na ecologia são utilizadas para compreender as decisões das populações humanas acerca da obtenção e utilização de recursos naturais, como é o caso da teoria do forrageamento ótimo (LOPES e BEGOSSI, 2011). Contudo essa teoria se diferencia das demais ao avaliar a obtenção desses recursos sobre uma perspectiva de custo/benefício (MACARTHUR e PIANKA, 1966).

Um dos elementos centrais dessa teoria é entender quais estratégias são utilizadas pelos forrageadores para a obtenção dos recursos, através do processo de busca, captura/coleta, transporte e manuseio. Na qual todo esse processo é pensado numa perspectiva de maximização de energia/unidade de tempo (MACARTHUR e PIANKA, 1966). A TFO originalmente foi proposta para entender o comportamento dos animais na sua alimentação, só muito tempo depois os estudiosos viram o potencial de usa-la para nas pesquisas com humanos. A TFO juntamente com a etnobotânica, buscam compreender como são obtidos esses recursos pelas populações humanas, a partir de uma lógica de otimização. Os estudos atualmente realizados pela etnobiologia se concentram principalmente em identificar o conhecimento dos forrageadores acerca das plantas uteis e a partir disso inferir sua pressão de uso (FEITOSA et al., 2014; FERREIRA JUNIOR et al., 2012; SOUSA JÚNIOR et al., 2013). Contudo, pouco se sabe sobre as estratégias adotadas pelos forrageadores ao longo de todo processo e como as mesmas interferem no ambiente explorado. Dessa forma, além de saber como se estabelece o processo de forrageamento é de extrema importância também avaliar os impactos que essa atividade

exerce nos indivíduos explorados. Portanto, as estratégias e decisões dos forrageadores incidem diretamente na recuperação dos recursos extraídos. Portanto a teoria do forrageamento ótimo é muito importante no entendimento das questões que ainda apresenta lacunas na etnobotânica.

Diante do exposto, o presente texto busca apresentar um panorama geral sobre a teoria do forrageamento ótimo. Primeiramente será apresentado as variáveis utilizadas para compor os diferentes modelos de otimização presentes na teoria. Posteriormente, serão apresentados os principais enfoques dessa teoria em áreas da ciência, avanços, críticas e a utilização da mesma nos estudos etnobiológicos. E por fim, trazemos informações sobre os impactos decorrentes do processo de coleta em diversas espécies de uso medicinal e como esses impactos influenciam na sua regeneração.

## 2.2 Uma abordagem histórica sobre a Teoria do Forrageamento Ótimo

Os eventos em torno da alimentação dos animais, já eram observados pelos estudiosos antigos, contudo somente a partir da década de 60 tratou-se a alimentação baseado no seu rendimento (SCHOENER, 1971). Anteriormente, foram elaborados por Thompson (1922) e Lotka (1923) (PULLIAM, 1974), modelos matemáticos relacionados aos sistemas predador-presa. Da década de 20 a 70, essa teoria teria se desenvolvido para descrever somente as flutuações entre os números de predadores e presas. Da década de 70 até tempo atuais tentou-se ir além de previsões sobre a dieta dos predadores buscando conhecimento sobre a quantidade e qualidade de potenciais presas.

A teoria da alimentação consistiu em prevê as especificidades de um predador em respostas as condições ambientais. Para determinar as especificidades de um predador é necessário saber a abundâncias de presas alternativas (PULLIAM, 1974). Segundo o autor a teoria da alimentação segue as seguintes premissas: 1- identificar a abundância e distribuição de presas no ambiente; 2- assumir um padrão de alimentação para o predador nesse ambiente; 3- registrar o tempo necessário para localizar um recurso alimentar; 4- encontrar estratégias de alimentação que minimiza o tempo necessário para encontrar o alimento.

A partir dessas premissas o que se observa é que, no contexto em que essa teoria foi elaborada que era de entender comportamento animal, algumas delas são muito difíceis de serem testadas cientificamente. Essa observação certamente não se refere a

ambientes naturais não idealizados, que apresentam flutuações de alimentos e que em alguns casos levando em consideração a mobilidade dos recursos a serem capturados. Contudo, esses modelos foram projetados basicamente para recursos imóveis e fáceis de determinar sua localização como é o caso dos pardais e seus recursos alimentares. Os pardais se alimentam de gramíneas e sementes. Dessa forma, a facilidade de determinar abundância e taxa de encontro com o recurso é relativamente fácil. Porém se reportássemos a um ambiente em que o forrageador deve buscar um recurso móvel e que sofre pressões seletivas assim como os predadores, como alcançar essas premissas facilmente? Num ambiente não ideal essas variáveis não são fáceis de serem determinadas. Identificar a abundância e distribuição das presas requer um amplo conhecimento sobre a dinâmica do ambiente. Transpondo para a abordagem humana, os forrageadores precisam ter domínio da distribuição dos recursos. Essa dificuldade de determinação, influencia muito no processo de seleção dos recursos. Assumir um padrão de alimentação por parte dos forrageadores e determinação do tempo de busca pelo recurso dependerá por sua vez da primeira premissa. Quando se trata de um ambiente heterogêneo, o qual a incerteza permeia as decisões dos forrageadores, e aliado a isso esteja a presença de competidores e predadores, essas duas variáveis vão flutuar consideravelmente. Isso se intensifica nas relações humanas na qual as estratégias adotadas pelos forrageadores seguem demandas totalmente diferentes umas das outras.

Em 1966 MacArthur e Pianka, elaboraram um modelo com o objetivo de entender quais habitats deveriam ser selecionados pelos forrageadores. No modelo proposto por esses autores, a seleção natural age em cima de indivíduos por meio da energia adquiridas e tempos gastos durante o forrageamento. Ou seja, indivíduos que obtinham saldo líquidos de energia menores eram tidos como menos aptos e seriam alvos da seleção natural. Dessa forma, ao longo das décadas a teoria da alimentação, foi sendo aprimorada, adicionando elementos além da dinâmica de predadores e presas. A partir desse modelo construído por MacArthur e Pianka em 1966 surgiu a teoria do forrageamento ótimo, que analisa os fenômenos acerca da alimentação numa lógica de relação de custo/benefício. Segundo Pyke (1977) o comportamento adquirido pelos forrageadores que fazem os mesmos alcançarem essa relação positiva são moldados pela herança hereditária. Dessa forma, os mais aptos são selecionados e os caracteres são transmitidos para a geração futura. No contexto humano essa premissa pode ser vista como os forrageadores que apresentam mais aptidão para a obtenção de recursos naturais. Pelo menos em estudos

ecológicos humanos, não se há registros do desempenho associado a estrutura física dos forrageadores. Acredito, que essa questão deve estar ligada com a experiência dos mesmos e estratégias de coleta dos recursos. Se torna mais eficiente quem detêm melhor conhecimento da distribuição dos recursos e melhor otimização da coleta. Contudo, com as mudanças nos referenciais dos forrageadores acerca da coleta, o fato do mesmo não otimizar mais em relação a outro, não quer dizer que o mesmo seja menos apto. Isso pode ser somente uma questão de escolha, baseada nas pressões seletivas de cada um.

Uma das previsões de MacArthur e Pianka (1966) que são questionadas por outros autores é que um predador em estado de competição deve restringir o número de manchas visitadas e jamais a sua dieta (PULLIAM, 1974). Mas ao passo que se limita o número de manchas visitadas, a chance da dieta ser afetada tanto em quantidade como em qualidade é grande. Essa restrição é uma tentativa de impedir o encontro com outros predadores e uma possível competição por recurso. Outra questão é que uma mancha com grande disponibilidade e atrairia muitos competidores e conseqüentemente o recurso diminuiria drasticamente (PYKE, 1984). Contudo segundo Pulliam (1974) a dieta de um forrageador não pode ser afetada pela densidade de presas não preferidas. Uma vez que os forrageadores adotam diferentes estratégias, uns podendo ser generalista e outros especialistas. Com base nisso, não faz sentido restringir as manchas visitadas com base nessa premissa, sem saber qual estratégia está sendo adotada por cada forrageador. Isso no mundo real e não ideal é praticamente inviável, supondo que não se tem como ter conhecimento prévio das estratégias alimentares dos outros indivíduos. A mesma lógica pode ser seguida pelos forrageadores humanos. Em ambientes em que vários recursos estão disponíveis como determinar que outros forrageadores estão em busca de um recurso em comum? Apesar da vida social nesses casos, contribuírem para a obtenção de informações pelos forrageadores e assim formarem suas decisões, ainda assim existe o efeito da incerteza. Um forrageador que geralmente captura/coleta certos tipos de animais/plantas, dependendo da sua demanda e da disponibilidade pode optar por caçar/coletar animais/plantas diferentes do que estão habituados. Uma crítica pode ser feita em relação a essa ideia. Se uma mancha com elevada disponibilidade atrai competidores, isso quer dizer que necessariamente eles competem pelo mesmo recurso, pois se a dieta dos mesmos não se sobrepõe, a presença por si só possivelmente não influenciaria em nada a dieta do outro. O único efeito negativo refletiria somente no ambiente, que teria o declínio geral dos recursos.

Segundo Pyke (1977) para se encontrar um comportamento ideal é preciso primeiramente escolher uma moeda, escolher as funções da relação custo/benefício e após tomar uma decisão ideal. Muitos cientistas ao estudarem populações não-humanas adotaram uma ampla gama de moedas para avaliar recurso como opções de aquisição, tais como risco de minimização da fome e do trade-off entre a predação e forrageamento, embora a mais amplamente utilizada é a moeda energética (SOSIS, 2000). O que se observa atualmente é que com a mudança nas necessidades dos forrageadores, essa moeda energética é muito pouco utilizada. Houve uma mudança nos hábitos dos mesmos, passando de caçadores/coletores obrigatórios, os quais tinham a necessidade de capturar/coletar e se alimentar do que foi obtido quase que imediatamente por si e seus familiares. Com a chegada de outras práticas de trabalho e subsistência, como a agricultura, os forrageadores diversificaram essas práticas e puderam obter outras fontes de rendas, utilizando hoje a coleta/captura de recursos naturais em muitos casos para fins comerciais.

Sendo assim, a moeda adotada por diversas vezes pelos forrageadores é a monetária. Begossi (1992) estudou as estratégias de pescadores na Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro e a moeda utilizada pela mesma para avaliar a relação custo/benefício foi a quilograma ou o número de peixes capturados. Como pode se observar a relação nesse caso não está pautada na quantidade de energia líquida obtida pelo forrageador e sim pela quantidade de peixes capturados pela menor unidade de tempo. Na relação custo/benefício utilizando a energia líquida como moeda, o forrageador obtém o recurso e se alimenta do mesmo. E assim essa relação é medida pela quantidade de calorias ingerida, pelo tempo que gastou na obtenção da mesma. Se o forrageador adquiriu mais calorias numa unidade de tempo menor, sua relação custo/benefício é positiva, caso contrário, essa estratégia não foi bem sucedida. No segundo caso o forrageador não se alimenta do recurso e por isso não tem essa relação mensurada pela quantidade de calorias adquiridas. O forrageador que utiliza a moeda energética ao não alcançar a quantidade de energia necessária, pode ter problemas na sua subsistência, podendo levar prejuízos a sua saúde. Já o que utiliza a quantidade de recurso coletado como moeda, se o seu objetivo não for o de subsistência terá prejuízos monetários. Esse estudo realizado por Begossi (1992), se mostrou importante para demonstrar que existem outras formas de medir a relação custo/benefício durante o processo de forrageamento.

Os forrageadores podem adotar dois tipos de comportamentos como estratégias para diminuição dos riscos: o de minimizadores de tempo e maximizadores de energia. Segundo Pyke (1977) quando um forrageador possui uma exigência fixa de energia e não ganha nada em obter maior quantidade de energia, e ainda precisa de tempo para outras atividades ele assume o comportamento de minimizador de tempo. Agora se um forrageador tem uma quantidade fixa de tempo para forragear e seu condicionamento aumenta proporcionalmente com o aumento da taxa de energia, a aptidão vai ser maior, à medida que se maximizar a energia no espaço de tempo previsto (fixo). Nesses casos os mesmos são tidos como maximizadores de energia.

Segundo Hixon, (1982) a diferenciação básica entre as duas estratégias é que a entrada de energia durante um período contribua para o sucesso reprodutivo final. Ou seja, no caso do minimizadores de tempo, o ganho de energia a mais não aumenta o sucesso reprodutivo potencial do indivíduo. Por outro lado, para os maximizadores de energia, seu sucesso reprodutivo potencial será crescente em função do seu ganho de energia. Essa diferenciação entre as estratégias significa que nem sempre um forrageador para obter um comportamento ótimo precisa explorar recursos a mais do que precisa somente por que está disponível, uma vez que na maioria das vezes mesmo buscando obter mais energia/tempo, os mesmos tentam adequar suas estratégias dentro das suas necessidades.

O desenvolvimento de melhores estratégias para alcançar essa relação custo/benefício, surgem uma vez que existam outros fatores que podem interferir na aptidão dos forrageadores e por sua vez no comportamento dos mesmos, como o risco de serem predados enquanto se alimentam (SIH, 1980). Segundo mesmo autor os forrageadores alteram seus comportamentos de modo a reduzir o risco de predação e que essa alteração vai ser maior à medida que o risco aumenta. Esses comportamentos se adequam bem ao encontrado pelos forrageadores humanos. Atualmente, o papel do predador pode ser assumido pelos órgãos de fiscalização. Quando a coleta é realizada em ambientes onde existem restrições a mesma, esses órgãos tem a função de impedir ou limitar essa pratica. Em áreas onde essa coleta é 100% proibida, o que se observa é que essa fiscalização altera em grande parte as estratégias adotadas pelos forrageadores.

Em Charnov (1976), desenvolveu um modelo teórico que prevê o tempo que o forrageador deve gastar para maximizar a ingestão em uma mancha. Neste modelo o consumo de energia é medido por unidade de tempo (o tempo gasto para chegar na



mancha e o tempo gasto na mancha). A quantidade total de alimento em uma mancha pode diminuir após um forrageador entrou numa mancha. E haverá mais comida no início da exploração do que no fim. Essa condição se enquadra em manchas ideais, pois manchas com distribuição de comida desiguais não são previstas pelo modelo. A partir surge um questionamento: em que ambiente natural as condições se revelam de forma ideal, onde os recursos se distribuem ao longo das manchas de forma igual? Dessa forma, o que se observa é que alguns modelos da teoria do forrageamento ótimo foram construídos sob a perspectiva primordialmente teórico, sendo quase impossível de serem observados na natureza e serem testados cientificamente.

Em 1979, Orians e Pearson propuseram o modelo de forrageamento central, o qual prevê que o predador tem um lugar central para retornar após o forrageamento. O qual devem maximizar a sua taxa de energia entregue a esse local central. Esse modelo é apontado como uma variação do teorema do valor marginal, pois segue a mesma lógica, contudo, a maximização de energia deve ser entregue a lugar fixo. Em contextos humanos esse local central pode ser representado pela comunidade em que o forrageador vive ou sua própria moradia.

A partir da década de 80, a teoria do forrageamento ótimo foi mais amplamente utilizada nos estudos sob o campo da antropologia. Os seres humanos passaram grande parte do tempo da história evolutiva economizando durante o processo de forrageamento. Dessa forma os antropólogos se empenharam em entender os padrões de organização do modo de vida, explicando as diferenças da sociedade de caçadores e coletores (SMITH, 1983; BOER e PRINS 1989). As estratégias de pastores apresentam movimentos muito complexos, contudo muitos fatores que influenciam esses movimentos não são previstos pelos modelos. As decisões são tomadas somente em cima da maximização do lucro, contudo, as variáveis como contato social com família e amigos também é um peso importante nesse processo de decisão. Segundo Boer e Prins (1989) no Oeste da África onde a períodos longos de seca, os pastores tentam minimizar os riscos a haver uma redução do rebanho para o nível de subsistência. Com base nisso, os seres humanos alteram suas decisões quando se deparam com situações de estocasticidade. Nesse caso existe uma grande diferença no processo de forrageamento usual, uma vez que os pastores tomam decisões indiretas através do gado. E a falta de conhecimento exato, por parte dos pastores, reflete as diferenças entre o esperado e o observado. As ações dos pastores estão

sujeitas a penalidades e recompensas. Portanto, as decisões erradas podem ter implicações sobre as famílias dos mesmos.

O que pode ser bem observado nesse estudo de caso é que as decisões dos forrageadores tem implicações no meio ambiente e vice-versa. Uma decisão errada ou mal executada por parte dos pastores, pode implicar numa penalidade que incide diretamente em aspectos sociais dos mesmos. Caso semelhante ocorre com a espécie estudada nessa investigação, o *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. Conhecido vulgarmente como “barbatimão” essa planta é bastante conhecida e explorada pelos extratores que vivem ao entorno da Floresta Nacional do Araripe. Com o uso tradicional dessa planta pelas comunidades locais, o conhecimento foi incorporado e bastante disseminado nesse meio. Com base na grande diversidade de usos que essa planta apresenta (FEITOSA et al., 2014), acredita-se que há um aumento na demanda e consequente aumento na coleta do recurso. Por outro lado, sob uma perspectiva da conservação do recurso, esse crescente interesse em coletar mais casca leva provavelmente a maiores intensidades de danos. Quanto maior for o dano, espera-se que também seja maior o tempo que esse recurso precisa para regenerar e assim há um declínio do mesmo e consequente diminuição das coletas. Veja que os dois âmbitos, o social e ambiental, estão intimamente interligados.

De uma forma geral, por mais que essa relação pareça condicional e harmônica, muitos são os fatores que podem influenciar e mudar as decisões e consequências obtidas pelos extratores. Muitas dessas decisões podem ser tomadas antes ou na hora do processo de forrageamento.

Apesar de se entender, que de uma forma geral, os resultados das decisões dos forrageadores passam por esses conflitos entre perdas e ganhos, a teoria do forrageamento ótimo na sua origem dá pouco peso para essa informação. Mais tarde através da teoria dos jogos se vê bem claramente essas relações entre os forrageadores, enfatizando que essas penalidades e recompensas dependem dos outros competidores. Embora a TFO traga informações relevantes para entender questões sobre o comportamento dos caçadores/coletores, muitos cientistas são céticos acerca da utilização da abordagem original para analisar os seres humanos (ZELEZNIK e BENNETT, 1991). Segundo os autores os humanos apresentam o comportamento muito mais sofisticado e dieta bem mais variáveis. Um exemplo disso é que nem sempre os forrageadores maximizam suas taxas de retorno durante o forrageamento. Esse fato se deve algumas vezes pelo

comportamento sensível ao risco (LUDVICO et al., 1991). Em ambientes atuais, muitos fatores provenientes das relações entre os humanos e as diferentes formas de subsistência, levam os forrageadores a optarem por esse comportamento, uma vez que os riscos afetam diretamente os mesmos. As relações conflituosas entre forrageadores, e entre os forrageadores e órgão de fiscalização são os riscos mais encontrados na atualidade (BEGOSSI, 2004).

Segundo o mesmo autor os forrageadores podem assumir dois tipos de comportamento: o sensível ao risco ou aversão ao risco. O forrageador que opta por ser sensível ao risco prefere assumi-lo e o que opta por ser averso ao risco, tenta minimizá-lo. De acordo com esse modelo, o predador deve satisfazer um requisito definido para a sua sobrevivência diária. Em contextos humanos esse pressuposto é mais difícil de ser observado, uma vez que os mesmos compartilham alimentos e com o tempo adquiriram novos hábitos como o de armazenamento de alimentos. Esses diferentes comportamentos podem ser adotados quando os forrageadores se deparam em situações adversas. Quando se encontra em um ambiente em que o retorno esperado do forrageamento está acima da exigência para a sobrevivência, se mostram avessos ao risco. Ou seja, evitam o risco pois conseguem alcançar suas taxas obrigatórias para a sobrevivência sem maiores esforços. Quando se encontra em um local em que o retorno esperado está abaixo do exigido para a sobrevivência, os forrageadores mostram ter propensão ao risco, apostando na probabilidade de distribuição. Nos forrageadores humanos se observa os mesmos cenários com os mesmos fatores atuando, contudo, o item sobrevivência não é a que rege as suas decisões.

Em ambientes em que os recursos são abundantes e que não sofrem nenhum ou pouco tipo de pressão competitiva ou restritiva, o comportamento dos forrageadores provavelmente não são moldados por estratégia sensíveis ao risco. No trabalho de Soldati e Albuquerque (2012), apesar de que não ter tido o objetivo de avaliar essa questão, o que pode se observar é que os extratores não tinham motivos para assumir nenhum dos dois comportamentos, uma vez que não existia risco ao explorar o recurso. Essa ausência de risco se deve ao fato do recurso ser abundante, estando presente na floresta nativa e em muitos quintais de propriedade privada. Apesar da vasta disponibilidade descrita pelo estudo de Soldati e Albuquerque (2012), esse fator não foi responsável pela maior quantidade de recursos coletados pelos extratores na região. Ou seja, os mesmos coletaram o recurso independente da disponibilidade presente no ambiente. Dessa forma,

o que pode explicar um comportamento pode excluir outro. No caso, a grande disponibilidade de casca de Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan pode eliminar os fatores que proporcionam riscos na hora da coleta, mas não fizeram com que os extratores coletassem com base nisso. Situação diferente se observou na coleta de casca em *S. rotundifolium* (Mart.) realizada pelos extratores nesse estudo. O cenário encontrado por nós, sugere que as decisões são nutridas pelo risco. Por ser realizada numa Unidade de Conservação, na qual a coleta é limitada e em alguns casos proibida, os riscos são bastante aumentados.

Houve um tempo em que a teoria do forrageamento ótimo foi debate por pesquisadores a fim de entender questões relacionadas a disponibilidade de recursos em florestas tropicais (STEARMAN, 1991; ENDICOTT e BELLWOOD, 1991). Como já dito anteriormente, com o advento de novas formas de subsistência, os caçadores/coletores foram diminuindo a necessidade quase que obrigatória de obter recursos para sua sobrevivência. A partir disso houveram debates entres os pesquisadores, acerca da disponibilidade dos recursos presentes nas florestas tropicais. Segundo Stearman (1991) os cientistas levantaram as hipóteses de que os recursos disponíveis nesses ambientes não seriam suficientes para a subsistência humana sem o auxílio das práticas agrícolas. Segundo o autor, a formação natural das florestas tropicais promove a heterogeneidade do ambiente através da presença das clareiras. Transformando assim a ambiente em um mosaico, levando uma distribuição desigual de recursos sobre a paisagem e através do tempo entre as manchas. Esse foi proposto como um dos fatores limitantes do sucesso das forrageadores humanos nas florestas tropicais. As manchas numa paisagem em escala espacial e temporal, não refletem a escassez de recurso por si só. Em alguns casos, os mosaicos proporcionam um local produtivo apresentando grandes quantidades de um determinado recurso. Contudo, as manchas se tornam um fator limitante quando uma população tem dificuldade de se locomover de uma área para outra em busca de um recurso mais disponível.

Na década de 90 a teoria do forrageamento ótimo começou a ser utilizada para entender também o comportamento dos pescadores acerca da obtenção dos recursos pesqueiros (BEGOSSI, 1992). Begossi (1992) foi um dos percussores das investigações acerca das estratégias de forrageamento de pescadores. Participou também do marco inicial dos estudos etnobiológicos, pois os primeiros estudos aplicando a teoria a contextos humanos foram feitos por antropólogos. Segundo Begossi (1992), existia

problemas de entendimento sobre as decisões dos pescadores em função da disponibilidade por espécie e local de coleta. Dessa forma, esses estudos foram centrados no modelo proposto por Orians e Pearson (1979) chamado de Forrageamento central. No qual se baseia basicamente nos custos da viagem de ida, período de forrageamento e volta.

Também foi nessa década que alguns pesquisadores defenderam a ideia de que a maximização da energia não é a única necessidade de subsistência, propondo a programação linear (HILL, 1998). De acordo com a mesma, as decisões dos forrageadores também são tomadas a partir da necessidade de nutrientes. Quando uma quantidade de nutrientes determinada não é alcançada no forrageamento, não há benefícios biológicos, resultando na morte. Por outro lado, quando o mínimo é cumprido, os benefícios adicionais podem ser derivados das maiores ingestões desses nutrientes.

Por volta do século XXI houve uma maior incidência de estudos etnobotânicos. Os primeiros estudos foram destinados a entender a utilização de plantas comestíveis por comunidades tradicionais. Há um consenso entre os cientistas de que a forma com que as pessoas percebem e usam o ambiente afetam na conservação e sustentabilidade das espécies vegetais (Ladio e Lozada, 2003). Segundo Ladio e Lozada (2000) as comunidades adequam suas dietas a diversos ambientes e suas condições adversas, como escassez de alimentos, alterações nos habitats entre outros. Esse comportamento é interessante pois ajuda muito na conservação dos recursos. Quando os extratores adequam suas coletas a disponibilidade do ambiente, dificulta a sobreexploração dos recursos. Essa estratégia tem uma função socioambiental valiosa. A comunidade local se beneficia, pois, ao ampliar a diversidade de recursos a serem explorados, não sofrem no período de escassez. Por outro lado o ambiente também se beneficia, pois se não existe coleta excessiva, não há prejuízo para as espécies vegetais. Ao contrário do que foi observado no estudo de Ladio e Lozada (2000), em outras investigações geralmente os recursos são sobreexplorados. O principal foco desses estudos foram basicamente, analisar quais locais eram selecionados para a obtenção dos recursos, números de espécies que eram coletadas, o tempo que os forrageadores levam na viagem da comunidade até esses locais de coleta e o tempo de manuseio desses alimentos.

Soldati e Albuquerque (2012), foram mais além do que já havia se investigado nos estudos etnobotânicos. Os mesmos tentaram explicar a utilização das plantas medicinais por uma comunidade rural do semi-árido nordestino no Brasil. Esse estudo foi inovador uma vez que as pesquisas realizadas pelas diversas ciências em diferentes abordagens se

destinaram prioritariamente ao uso alimentício, seja na captura/coleta de animais ou plantas. Apesar dessa abordagem centrada na coleta de plantas medicinais, utilizarem os mesmos preceitos da teoria, a mesma adota outros tipos de relação custo/benefícios que não a energética. Esse tipo de moeda perde o sentido nesse caso, uma vez que esses recursos não são consumidos frequentemente e não são utilizados como alimentos. O tipo de recurso coletado também por diversas vezes é diferente. Os recursos alimentícios são basicamente os frutos, enquanto que os medicinais são folhas, raízes, cascas, entre outros. O que se observa bastante nessa abordagem é que a moeda adotada é a comercial. Com o crescimento das feiras livres e mercados públicos localizados geralmente próximos a floresta, a coleta desses produtos se torna uma forma de subsistência para muitas famílias que vivem em comunidades tradicionais. Dessa forma, os forrageadores provavelmente irão tomar suas decisões acerca da coleta baseando-se na demanda comercial, ou seja, irão apostar em estratégias que lhe trouxer menos esforço e maior retorno financeiro.

Embora os estudos etnobotânicos tenham avançado bastante no entendimento dessas questões, há uma carência de estudos que construam suas investigações com desenho adequado para testar as premissas dos modelos da teoria do forrageamento ótimo. Pois na sua grande maioria são realizados estudos gerais e explicados a luz da teoria, sem que se tenha feito um recorte ideal para explicar mais fortemente o fenômeno.

## 2.3 Construção dos modelos e suas aplicações em contextos humanos

### 2.3.1 Teorema do valor marginal

Alguns modelos foram construídos com a finalidade de entender como os forrageadores tomam suas decisões, todos tomando como moeda a quantidade de calorias adquiridas durante o processo de forrageamento.

Em 1976, Charnov desenvolveu o modelo denominado de teorema de valor de marginal. O mesmo consiste na ideia de que a rentabilidade de uma mancha deve estar positivamente relacionada com o tempo de residência na mesma pelo forrageador (SOSIS, 2000). Ou seja, o forrageador deve permanecer dentro de uma mancha enquanto conseguir obter um ganho líquido maior por unidade de tempo. Muitos cientistas utilizam esse modelo para determinar o momento de partida da mancha. Esse modelo segue as seguintes premissas: a) o fitness do indivíduo aumenta linearmente com a taxa de energia

obtida; b) o lucro energético da mancha depende do tipo de presa sendo uma função associada à quantidade de tempo dispendido na mesma; c) o lucro energético diminui com o aumento do tempo, pois o recurso diminui na mancha; d) a qualidade de cada mancha é conhecida pelo forrageador; e) a decisão de partida de uma mancha se encontra baseada apenas na qualidade e no tempo gasto na mancha.

A partir dessas premissas, transportando para contextos humanos, onde os forrageadores têm necessidades diferentes das conhecidas no passado, o que se observa é que os mesmos nem sempre se comportam de acordo com as premissas estabelecidas por esse modelo, uma vez que há uma gama de fatores que faz com que os mesmos tomem decisões adversas. A primeira premissa faz muito sentido no contexto original, no qual os animais a medida que ingeriam mais calorias tinham maior vantagens e se tornavam mais aptos do que seus competidores (MACARTHUR e PIANKA, 1966). Contudo, o advento de outras práticas adotadas pelos humanos ao longo da evolução, fizeram com que os mesmos não vivessem somente da atividade de coleta, conseqüentemente o seu desempenho não depende somente da ingestão das calorias provenientes da coleta de recursos naturais. Fazendo uma adaptação para a realidade atual para a primeira premissa, podemos dizer que o retorno financeiro aumenta linearmente com a quantidade de recurso obtido. A segunda premissa ligada ao lucro energético maior dependendo do tipo de presas e tempo de permanência nas manchas, é a mais testada pelos estudos relacionados a teoria do forrageamento ótimo. Ela busca a relação entre a quantidade de recurso obtido e o tempo de permanência dos forrageadores em cada local de coleta. De acordo com o MacArthur e Pianka (1966), os forrageadores tendem a coletar mais recursos a longas distancias e permanecer mais tempo explorando em cada local de coleta. Apesar desse modelo ser bastante utilizado pelos estudiosos, as três últimas premissas são difíceis de serem observadas e medidas. Uma vez que nem sempre os forrageadores têm pleno conhecimento da distribuição e disponibilidade do recurso, premissa essa primordial para o modelo em questão. Ao meu ver esse modelo que determina a hora certa do forrageador partir da mancha é bastante teórico, e de difícil execução na prática. Como o forrageador tem como medir que o lucro energético está diminuindo ou ainda está sendo vantajoso? Como o mesmo tem como determinar a hora certa de sair da mancha afim de evitar o prejuízo energético? São respostas que na vida prática demonstram que esse modelo tem problemas teóricos e metodológicos.

Outra questão a ser levantada é em relação ao declínio do lucro com o aumento do tempo, ocasionado pela diminuição do recurso. Nem sempre essa sentença é verdadeira, uma vez que existem fatores que levam o forrageador a levar mais tempo num ambiente, que não seja relacionado a coleta propriamente dita. Como exemplo disso pode-se citar o tempo em que o mesmo leva para buscar o recurso, justificado pela dificuldade de acesso ou coleta do recurso no ambiente. Soldati et al. (2012) avaliaram a extração de casca de *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan em uma comunidade do semi-árido nordestino no Brasil, e observaram que as áreas com maiores disponibilidades de recursos não foram as mais citadas pelos informantes. Ou seja, locais com menores disponibilidades, mas com mais facilidade de acesso, podem ser mais acessados pelos extratores do que as mais disponíveis, mas que desprendam maior esforço de coleta. O mesmo acontece quando se analisou a disponibilidade e reconhecimentos das áreas por parte dos extratores, os mesmos observaram que as áreas mais citadas não eram as mais disponíveis em termos de recursos. Isso pode nos dizer duas coisas: nem sempre os forrageadores têm conhecimento pleno da distribuição dos recursos como assumido pelas premissas do teorema de valor marginal ou os forrageadores escolhem as áreas de coleta com base em outra variável que não a disponibilidade de forma proposital.

O Teorema Valor Marginal enfim descreve as decisões sobre onde e por quanto tempo forragear (LIEBERMAN, 2006). Dessa forma, a primeira pergunta a ser feita deve ser a seguinte: Em qual mancha devo forragear? Vários são os fatores considerados pelos forrageadores como critério de seleção das suas áreas de coleta. A primeira que pode-se destacar é a disponibilidade do recurso. Segundo MacArthur e Pianka (1966), as manchas são distribuídas de acordo com a produtividade e as que se apresentam como mais produtivas são as que devem ser preferidas pelos forrageadores. De acordo com Schoener (1971), as manchas podem ser visitadas em ordem decrescente de abundância de alimentos. Esse cenário se justifica pelo simples fato que o custo de visitar manchas menos produtivas aumenta o tempo despendido durante a busca e obtenção do recurso. Como dito anteriormente nem sempre a disponibilidade é tida com o fator principal na seleção e permanência dos forrageadores num ambiente.

Em outros casos o critério de seleção utilizado pelos forrageadores é a qualidade do recurso. Apesar da teoria prever que a dieta escolhida pelos indivíduos deve sempre maximizar a ingestão calórica (PYKE, 1977), segundo Pulliam (1974), nem sempre a dieta que maximiza a ingestão calórica é a que maximiza a aptidão. Ou seja, mesmo



quando uma dieta traz retorno energético suficiente em termos de calorias, muitas vezes não supre a necessidade de certos tipos de nutrientes. A partir disso, pode-se observar que existem casos em que os forrageadores selecionam locais de coleta somente pela qualidade do recurso ou especificidade dos recursos a serem coletados. Ladio e Lozada (2003), comparando a diversidade de plantas e estratégias dos forrageadores em duas comunidades da Patagonia, verificaram que as mesmas coletavam seus recursos medicinais de acordo com a qualidade nutricional e não na sua disponibilidade ambiental. As autoras acreditam que o consumo de plantas nativas nas comunidades humanas depende de aspectos socioculturais da mesma. Ou seja, cada comunidade vai coletar plantas de acordo com sua história de vida e o seu sistema de crenças.

Se por um lado são adotados critérios de seleção de áreas a fim de maximizar a energia adquirida, em busca de alcançar a relação custo/benefício proposto pela teoria, essa maximização só faz sentido se o tempo envolvido durante o processo de forrageamento seja minimizado. Com base nisso, a distância percorrida pelos forrageadores também são considerados na seleção de áreas para a coleta (MACARTHUR e PIANKA, 1966). Contudo, nem sempre a distância é o fator determinante na escolha dos locais de coleta. Principalmente em contextos atuais, em que essa relação custo/benefício é baseada em fatores diferentes das propostas pelo modelo. Esse fato leva em alguns casos aos forrageadores não tomarem decisões com base na distância. Estomba, Ladio e Lozada (2006) observaram que as espécies nativas foram mais frequentemente coletadas em áreas distantes das habitações. Ao contrário das exóticas que foram coletadas em locais mais próximas das residências. Nesse caso, a necessidade de se coletar plantas nativas, talvez baseada na eficiência desse recurso, justifica os forrageadores percorrerem maiores distâncias. Já é conhecido na literatura que plantas nativas exibem um conjunto de compostos diferentes das plantas exóticas. Dessa forma, no caso de plantas nativas com uso medicinal, as mesmas são utilizadas para o tratamento de alguns tipos de doenças que as plantas exóticas não tratam ou são menos eficientes (SILVA et al., 2014). Dessa forma, o que motivaria os forrageadores a escolherem percorrer maiores distâncias não é a disponibilidade e sim a especificidade da qualidade do recurso. O que não diz que os mesmos não adotaram um comportamento ótimo, e sim que a relação custo/benefício foi baseado em outra variável. Percorrer maiores distâncias para coletar um recurso mais “eficiente”, pode ser mais vantajoso que coletar um recurso que confere menos eficiência em um local mais próximo da

comunidade. Deixando claro que o conceito de eficiência é dado pelos coletores, o que não necessariamente tem o melhor efeito biológico.

O teorema de valor marginal também é utilizado para prever quanto tempo o forrageador deve passar em uma mancha ou concentração de recursos. Ele baseia-se na suposição de que, quanto mais um forrageador utiliza os recursos em um ambiente, mais a sua densidade declina. Assume-se ainda que as manchas são distribuídas de forma aleatória, e que o forrageador tem uma baixa probabilidade de retorno em intervalos de tempo curto para qualquer uma mancha. Charnov sustenta que os forrageadores deixam a mancha quando a taxa de captura marginal para a mancha cai para a taxa média para o habitat, ou todas manchas utilizadas. Essa hipótese de Charnov ao meu ver, é bastante difícil de ser observada. Como um forrageador tem meios de determinar que a taxa de captura da mancha que ele está forrageando caiu para a média do habitat em geral? Para melhor entendimento do cenário, o habitat seria área total a ser explorada, no qual está dividida em manchas. No cenário previsto por Charnov se o forrageador permanecer na mancha após o declínio do recurso, os mesmos teriam saldos líquidos negativos.

Com base nesse modelo, podemos lançar outras questões: se o objetivo de abandonar uma área é encontrar outra que o forrageador obtenha maior retorno, como determinar que o risco de abandonar a área atual, é menor que o de permanecer e continuar coletando nessa área de recursos já conhecidos? Levantando a hipótese de que muitas vezes os recursos podem ser mais escassos nas outras manchas que na atual. Essas questões e muitas outras foram as responsáveis por diversas críticas levantadas por diferentes pesquisadores. Muitas delas baseadas na pouca aplicação dos modelos, ficando somente no campo da subjetividade.

Em resumo, observa-se que atualmente não é somente um fator tido como o responsável pelas decisões dos forrageadores, e sim uma inter-relação de muitos fatores e que se modificam de acordo com o contexto e o recurso a ser coletado. Portanto, com a modificação das necessidades dos forrageadores atuais, os fatores também estabelecem pesos diferentes na relação custo/benefício adotadas pelos mesmos.

### 2.3.2 Modelo de forrageamento central

Orians e Pearson (1979) propuseram o modelo de forrageamento central, o qual é tido como uma variação do teorema do valor marginal. Esse modelo prevê que o predador tem um lugar central para retornar após o forrageamento. Os quais devem maximizar a sua taxa de energia entregue a esse local central. De acordo com as previsões desse modelo durante o processo de busca os forrageadores gastam energia e tempo, assim, à disponibilidade do recurso influencia a escolha do local visitado, levando aos forrageadores escolherem áreas que combinem a qualidade e a distância (CHAVES e ALVES, 2010). Dessa forma, no modelo de forrageamento central, se sofre influência basicamente dos mesmos fatores do teorema do valor marginal. A diferença básica entre os dois modelos é que, o forrageamento central é voltado basicamente para o custo da viagem de ida, permanência e volta, levando em consideração assim a quantidade que deve capturar/coletar para levar a um lugar central mantendo essa relação positiva. Ou seja, o forrageador dependendo dos custos da viagem deve forragear mais ou menos para compensar. Enquanto o teorema do valor marginal analisa todas as questões relacionadas no processo de escolha da mancha, fatores que influenciam nessas escolhas, tempo de permanência nas manchas e hora de partir. Segundo alguns pesquisadores, o modelo de forrageamento central é uma extensão do teorema do valor marginal (LOPES e BEGOSSI, 2011). Assim, elas se complementam e muitas vezes se confundem.

Por esse modelo levar em consideração a entrega de recursos a um lugar central, o mesmo é adequado para entender as estratégias dos forrageadores humanos que vivem em comunidades tradicionais, uma vez que os recursos na sua maioria são levados para suas casas, ou a um lugar fixo. Begossi (1992), estudou as decisões de pescadores da Baía Sepitiba no Rio de Janeiro, Brasil. O mesmo autor, observou que dependendo do tipo de recurso o tempo de viagem e permanência mudam. Os pescadores na captura do camarão tendem a visitar menos manchas e permanecer mais tempo em cada viagem. Já na pesca de peixe acontece o contrário, visitam mais manchas e permanecem menos tempo. A moeda utilizada nesse estudo ao contrário da maioria dos estudos não foi a energética e sim a quantidade de peixes e camarões capturados. A diferenciação das estratégias segundo o autor é justificada pelo fato dos peixes fugirem com a presença dos humanos, por isso os mesmos tendem a permanecer menos tempo e assim tendem a visitar mais manchas. A partir das conclusões dos autores, pode-se observar que além do que já é conhecido, o tipo de recurso obtido também influencia na estratégia do forrageador. A densidade de camarões e peixes no ambiente, podem agir diretamente na estratégia

adotada pelos pescadores. Cada tipo de recurso tem sua forma de extração e suas dificuldades. A extração de casca por exemplo, depende entre outras questões, da experiência do extrator em coletar o recurso, e da facilidade em coletar o recurso. Dependendo da época de coleta, os extratores podem ter maior dificuldade de retirar a casca da planta.

Lopes e Begossi (2011), estudaram o comportamento dos pescadores da região Amazônica e costa atlântica do Sudeste, ambas no Brasil. Os autores esperavam que os pescadores deviam ficar mais tempo em locais distantes do lugar central e que uma vez nesses locais pegassem mais peixes. Os mesmos observaram que os pescadores gastaram mais tempo se deslocando do lugar central até os locais de captura na região Amazônica do que os pescadores da região litorânea no Sudeste do País na mesma situação. No entanto a relação entre a distância e quantidade de recurso coletado foi positivamente observada em ambas regiões. Provavelmente, a maior distância percorrida pelos pescadores na Região Amazônica, seja devido a condições do ambiente, fatores que influenciam por diversas vezes nas decisões dos forrageadores. Contudo, observa-se que mesmo percorrendo maiores distancias dos que os pescadores da Região Sudeste, eles também coletaram recursos proporcionalmente à distância percorrida.

#### 2.4 Críticas a teoria do forrageamento ótimo

Desde o início, a teoria do forrageamento ótimo foi alvo de críticas pelos pesquisadores, mas foi quando a mesma foi utilizada para explicar o comportamento humano que os modelos foram ainda mais criticados. A primeira crítica levantada pelos pesquisadores é a moeda utilizada pelo modelo. Como bem se sabe um dos cerne da teoria do forrageamento ótimo é a moeda que deve ser maximizada durante o processo de forrageamento. Como dito anteriormente, primeiramente essa teoria foi proposta para entender o comportamento dos predadores frente a captura de suas presas, dessa forma a moeda primordialmente utilizada foi energética. Assim para que uma estratégia fosse considerada vantajosa pelo forrageador, a energia líquida adquirida deveria ser maior do que a gasta durante o processo de obtenção do recurso. Contudo, os pesquisadores levantaram a questão de que nem sempre os forrageadores humanos tomam suas decisões com base na energia adquirida (HILL, 1998). Segundo o autor, embora os pesquisadores continuassem a aderir aos modelos de forrageamento humano baseado em energia

prevendo subsistência, os mesmos se sentiam incomodados pois as calorias dos recursos alimentares são perfeitamente substituíveis por outras calorias. A teoria não discrimina que tipos de calorias devem ser adquiridas, dando pouca importância para a qualidade do recurso, quando a qualidade nutricional é tão importante quanto a quantidade de calorias obtidas. Esse fato foi motivo do ataque de muitos críticos. Mesmo os defensores da teoria admitem que os modelos necessitam de modificações.

A segunda crítica levantada pelos estudiosos são os problemas teóricos e metodológicos da teoria do forrageamento ótimo (MITHEN, 1999). Segundo o autor, a maioria dos modelos dessa teoria foram construídas de forma determinista, nos quais os tipos de presas e de manchas não mudam ao longo do tempo. Ou seja, as variáveis temporais, como o esgotamento de recursos, ou elementos estocásticos não são previstas pelos modelos. Se vê claramente que o comportamento dos forrageadores podem seguir uma regra de comportamento uma vez que o ambiente sofre pouca ou nenhuma alteração. Premissas como a que o forrageador não deve nunca escolher um recurso que não esteja na dieta nem que esteja em maior quantidade, reflete o caráter determinista. Como determinar que um forrageador passe fome, ou corra riscos maiores em busca de outros recursos da sua dieta, pois não pode obter nada que não esteja determinado? Ao meu ver são premissas construídas em ambientes ideais e extremamente teóricos. Esses problemas inibem os avanços acerca de entender as estratégias para obtenção dos recursos frente a condições não ideais. Consequentemente, uma abordagem complementar é necessária, e permite que novas áreas do comportamento do forrageadores venha a ser estudado. Segundo Lopes e Begossi (2011), os modelos parecem funcionar quando o mínimo ou nenhuma variação é observada. Portanto, os ambientes naturais e atuais em que os forrageadores têm preocupações além de comer e cuidar da prole não são necessariamente explicados por esses modelos. Sendo necessário a adição de novas variáveis que descrevem o ambiente. Atualmente são muitas as interferências que se observa no ambiente que podem influenciar as estratégias e decisões dos forrageadores. Dentre as várias que existem, podemos citar as fragmentações das florestas que modificam muito na distribuição e abundância dos recursos, temos a competição pelos recursos por partes dos forrageadores para suprir a demanda de coleta. Essas ações por diversas vezes fazem com que os mesmos sobreexplorem o recurso ou coleta de forma diferente da que possivelmente faria se não estivessem nessa condição.

Os princípios e métodos da teoria do forrageamento ótimo foram feitos de forma muito familiar para aqueles que estão envolvidos em estudos de caçadores-coletores. O conceito de otimização presente no cerne dessa teoria, foi muito criticado tanto na abordagem biológica e antropológica (MITHEN, 1999). Segundo o autor, os processos envolvidos na evolução biológica impõem limites à perfeição. Dessa forma não há justificativa para se achar que os seres humanos forrageiam de forma ótima. Contudo, esse conceito ainda foi e é extremamente útil. Assim, os forrageadores devem ser modelados como uma tentativa de melhorar, e não maximizar a eficiência de forrageamento atual.

A teoria do forrageamento ótimo foi desenvolvida com base somente nas decisões do indivíduo, ao invés das atividades combinadas entre os grupos (MITHEN, 1999). Desde os objetivos do forrageamento, a moeda adotada, e as restrições comportamentais são susceptíveis a variação entre os indivíduos. Segundo o autor, estes podem mudar ao longo do tempo com a idade ou estações, e num curto prazo, bem como durante um único episódio de caça. Contudo, mesmo em frente as essas variações, sabe-se que as decisões dos forrageadores se influenciam mutuamente. Se os forrageadores não vivem sozinhos e não são os únicos que se usufruem dos recursos, como as decisões dos mesmos podem ser tomadas somente com base na sua ótica e necessidades? Quando a coleta é realizada somente com base aspectos individuais, esse ato prejudica as outras pessoas que também dependem daquele recurso e principalmente o restabelecimento do recurso em questão. E se todos decidissem agir ao mesmo tempo? Se instalaria um colapso. Esse aspecto é alvo de estudo do forrageamento social.

As normas sociais são padrões de comportamento que são baseadas em crenças amplamente partilhadas com os membros de um grupo onde deve se comportar em uma determinada situação. A vida social dos seres humanos é orientada pelas normas sociais. Estas regras culturais moldam e estruturam os comportamentos diários dos mesmos, guiando-os muito do que fazem (GORMAN et al., 2008).

O grupo em que prevalecem as normas sociais podem ser uma família, um grupo de pares, uma organização ou mesmo uma sociedade inteira (FEHR e FISCHBLACHER, 2004). Segundo o mesmo autor, os membros do grupo podem obedecer a norma voluntariamente se os seus objetivos individuais seguem o comportamento normativamente necessário, ou eles podem ser forçados a obedecer a norma, quando suas

metas individuais diferem do normativamente do comportamento exigido, caso em que a aplicação da norma pressupõe que a sua violação seja punida.

A maioria dos indivíduos se comportam de uma forma cooperativa condicionalmente, ou seja, eles aumentam a sua contribuição para o bem público, se a contribuição média dos outros membros do grupo aumenta. No entanto, há também uma minoria significativa de indivíduos que nunca contribui em nada para o bem público. Isto sugere que é necessário reforçar a disciplina dos membros do grupo egoístas em relação a cooperação generalizada porque esses membros não estão dispostos a pagar para o bem público, na ausência de sanções (FEHR e FISCHBLACHER, 2004). O que se observa nas relações humanas é que boa parte dos extratores se comportam como egoístas, buscando coletar levando em consideração somente as suas necessidades e demandas financeiras. Contudo, esse tipo de prática ocorre principalmente quando o extrator não tem noção de quanto o seu competidor está retirando de recurso da natureza e quando ele se mantém anônimo no ato de explorar aquele recurso. Em outras palavras, muitos forrageadores não exibem sua condição de extrator de um determinado recurso, dessa forma, permanece no anonimato perante aos seus competidores. Quando os extratores se reconhecem como atores de uma prática extrativista, isso influencia o comportamento de cooperação dos mesmos. Segundo Rankin (2006), a identificação mútua entre os indivíduos deve aumentar sua proximidade social, ao passo que se cria a empatia entre os indivíduos.

Atualmente, pesquisadores de várias áreas buscam em modelos lógicos, entender como os humanos selecionam seus recursos a partir da decisão de outros competidores. Existe o Dilema do prisioneiro o qual é tido com um jogo de dois jogadores, no qual os mesmos têm a opção de cooperarem ou desertarem. Se os dois desertarem não recebem o bem comum, e se cooperarem os custos são divididos igualmente, contudo, existe um incentivo para que os jogadores se desviem do ideal e desertem (FEHR e FISCHBLACHER, 2004). Contextualizando para ambientes em que os recursos são de uso comum, o desconhecimento da decisão do outro acerca da seleção e obtenção do recurso, juntamente com a demanda financeira que cada um tem, faz com que isso sirva de incentivo para o mesmo se desviar do comportamento de cooperação.

Outro modelo bastante conhecido é a Tragédia dos comuns primeiramente citado por Hardin (1968). Na qual prevê que um recurso natural que é de uso comum tende a ser levado a exaustão. Supondo que todos pensem que por ser um recurso comum, o mesmo irá acabar e que os outros extratores irão coletar na sua maior intensidade, a estratégia

que lhe traria mais benefícios seria a de aumentar muito mais suas taxas de coleta. Ao passo que todos tenham a mesma estratégia em mente, o recurso com o tempo chegue a sua exaustão. Esse pensamento é bastante comum em situações que o recurso é escasso e sofre bastante pressão por parte de demandas financeiras. Silva et al. (2015), identificaram um caso bem semelhante ao estudarem a coleta de um recurso bastante explorado por comunidades tradicionais do semi-árido Nordeste. Segundo os autores, os extratores tentando maximizar seus ganhos individuais derrubavam frutos de Piqui (*Caryocar coriaceum* Wittm.), prática essa repudiada, sendo permitido somente coletar frutos que estejam no chão. Partindo desse pensamento presente na tragédia dos comuns, os extratores derrubam os frutos, se baseando na ideia de que se não o fazem outro irá fazer. Se essa escolha for tomada por todos, existira uma diminuição do recurso até mesmo para que ocorra a renovação das populações. Uma vez que não haverá frutos suficientes para a fauna que tem função de dispersão dos mesmos. Segundo o autor, os extratores que decidem pegar frutos do chão, adotam um comportamento cooperativo e os que derrubam os frutos ainda imaturos assumem um comportamento de não-cooperação. No caso dos coletores de Piqui, essa atitude é tomada pelo fato de tentarem maximizar a sua coleta realmente. Quanto mais recurso coletado mais será o retorno financeiro. Como o Piqui é limitado pelo período da safra eles tentam aproveitar o máximo que podem para retirarem vantagem dessa prática. Contudo, quem mais sofre com esse tipo de prática são os piquizeiros (indivíduos de *C. coriaceum* Wittm.).

### 3. Implicações ecológicas da extração de cascas do caule

Como visto anteriormente, o processo de decisão dos extratores na obtenção de recursos de uso comum, não tem somente implicações de caráter social, mas no outro elo da corrente estão os diferentes impactos que são gerados nas populações vegetais que fazem parte de uma cadeia extrativista. Por isso é muito importante analisar as estratégias utilizadas pelos extratores na hora da decisão de selecionar áreas preferenciais, os recursos e a quantidade a serem coletados. Junto isso, analisar quais são os impactos decorrente dessa prática e o tempo de resposta dos indivíduos a esse dano.

Vários impactos podem ser gerados a partir da coleta de um recurso. Os quais podem ser diferentes com base na parte que é retirada. Quando o produto retirado são as cascas, esses impactos vão depender principalmente da quantidade explorada, bem como



da natureza e intensidade da coleta. A extração excessiva de casca pode levar os indivíduos de uma população a impactos na sua estrutura (NDANGALASI et al., 2007), uma vez que essa coleta pode levar a morte dos mesmos (PETERS, 1994). A natureza da coleta, que é a forma na qual os extratores coletam um recurso, reflete bastante no impacto gerado nas populações (GUEGDE et al., 2003). De acordo com observações de campo, os extratores podem optar por retirar a casca de forma a agredir menos o indivíduo. Os mesmos podem retirar somente a casca, sem danificar seus tecidos internos, ou coletar sem esse cuidado, extraindo a casca e entrecasca, e levando com elas parte dos tecidos de condução de seiva. Outro fator importante nesse processo é a intensidade da coleta que é representada pela quantidade de casca que é retirada dos indivíduos (PETERS, 1994). Ao meu ver a natureza e a intensidade da coleta se confundem muito na sua forma conceitual, as duas tratam da forma que a coleta ela é realizada, seja ela na sua profundidade ou extensão ao longo do indivíduo. Nas duas situações, acredita-se que os indivíduos têm dificuldades de ser restabelecidos quando são muito agredidos, pela quantidade de tecido a ser regenerado. Por outro lado, essa maior extensão do dano pode levar os indivíduos a investirem mais rapidamente na sua regeneração afim de minimizar os danos que poderão ser causados pela ausência da casca.

Os três fatores acima mencionados são muito importantes de serem avaliados e considerados nos estudos pois a partir deles, é possível analisar como as cascas que foram retiradas vão poder ser regeneradas afim de que os seus processos sejam restabelecidos. Com base nisso, pode-se surgir a seguinte pergunta; E porque as cascas são tão importantes para a manutenção e desenvolvimento dos indivíduos?

As cascas das arvores são responsáveis pela proteção contra-ataques externos e dessecação, e desempenha um papel muito importante no transporte de água e nutrientes das raízes para as folhas através dos tecidos floemáticos (DELVAUX et al., 2010). Além disso, as cascas de muitas espécies contêm compostos chamados de taninos, que se acredita que são responsáveis pela atividade cicatrizante e muitas outras que essas plantas exibem (SANCHES et al., 2007). Os taninos podem alcançar até 40% de concentração nas cascas de algumas espécies (ALMEIDA et al., 2006). Motivados pelas diversas atividades que essas plantas apresentam, que as cascas são alvo dos extratores. Esse composto está presente em outras partes das plantas que não só a casca, contudo, por ser um recurso perene, acredita-se que essa parte da planta se torna preferida na hora da coleta. Monteiro et al (2005), observaram que os taninos estão presentes tanto nas cascas

como nas folhas, e que alguns casos, a concentração é maior nas folhas do que nas cascas. Contudo, como dito anteriormente as folhas em florestas secas, não estão presentes em toda a extensão do ano, portanto se torna um recurso incerto para os extratores. Sem contar que as cascas podem ser armazenadas por mais tempo do que as folhas.

Em alguns casos a coleta desse recurso é feita de forma predatória, através do anelamento da casca, esse processo leva na maioria dos casos, a morte da planta de forma quase que imediata (DELVAUX et al., 2010). Algumas espécies sobrevivem ao anelamento da casca como a *Prunus africana* (CUNNINGHAM e MBENKUM, 1993) e *Caraca procera* (DELVAUX et al., 2010), já outras não resistem como o *Stryphnodendron adstringens* (BORGES FILHO e FELFILI, 2003). Segundo Delvaux et al. (2010) para se desenvolver estratégias de coleta sustentável das espécies, é necessário testar diferentes tratamento de danos nas cascas para estimar o limite máximo da coleta.

Embora se tenha uma literatura vasta acerca dos possíveis impactos gerados pela coleta de produtos florestais não-madeireiros, principalmente ao que se remete as cascas, há uma grande escassez de estudos que visem estudar a regeneração das mesmas em diversas espécies que sofreram grandes explorações e os fatores que influenciam nesse processo de regeneração. Essas informações são de grande importância para a elaboração de planos de manejo de espécies explorada e até ameaçadas pelas práticas predatórias. Com o conhecimento do tempo em que os recursos levam para se restabelecer, é possível estipular um tempo fixo de descanso dos indivíduos para uma posterior coleta.

Embora se tenha ainda muitas dificuldades alguns pesquisadores deram os passos iniciais e tiveram bons resultados acerca dos seus estudos. Pang et al. (2008) realizou experimentos com a espécie *Eucommia ulmoides* Oliv. e observaram que a mesma quando em condições propícias, começam o processo de regeneração de suas novas cascas dentro de um período de 1 a 2 meses. Monteiro et al. (2011) estudando a regeneração de casca de *Myracrodruon urundeuva* Allemão após simulação de diferentes danos, observaram que a velocidade de regeneração das cascas foi diferente para cada classe de dano analisados. Os maiores danos foram os que tiveram maiores taxas de regeneração. Contudo, ao final dos 23 meses de estudo observou-se que somente sete das vinte amostras estudadas não se regenerarão por completo. Baudalf e Santos (2014) analisaram a regeneração de casca de *Himatanthus drasticus* ao longo de 3 anos e observaram que essa espécie também não regenerou todos os indivíduos por completo no período de acompanhamento. Portanto com base nesses estudos, pode-se inferir que o tempo de

regeneração de algumas espécies é mais demorado do que outras e que necessita uma atenção maior para que essas espécies não sejam alvos constantes de extratores. Essa demora da regeneração pode ser proveniente de fatores intrínsecos ou extrínsecos que vão de recursos a serem alocados para a regeneração mais rápida da casca (intrínsecos) a fatores ligados a condições ambientais como precipitação, luminosidade e umidade (extrínsecos).

Após o dano extrativista segundo Delvaux et al. (2010) as espécies respondem diferentemente aos vários tipos de coleta, umas respondem propiciando a regeneração da casca, outras respondem com a formação de brotos vegetativos, as que reagem formando uma nova casca. Também respondem de forma diferente tanto em relação à cicatrização das feridas como a sensibilidade ao ataque de microorganismos (ASHOK et al., 2011). Algumas espécies apresentam cicatrização que se inicia pelas bordas, outras pela parte central dos indivíduos. Acredita-se que isso se deve à intensidade de dano sofrido pelos mesmos (BALDAUF e SANTOS, 2014).

A intensidade da coleta é apontada com um dos fatores e talvez o mais relevante que influencia na velocidade de regeneração das cascas das espécies (CUNNINGHAM e MBENKUM, 1993). Contudo, é preciso levar em consideração juntamente a esse fator, as condições ambientais que podem variar de acordo com a região (BIGGS, 1986). Dessa forma, variáveis abióticas podem influenciar na regeneração desse recurso, como a luminosidade, a umidade, precipitação pluviométrica e temperatura. Apesar da precipitação ser apontada como um fator importante na regeneração das cascas, em função da disponibilidade de água, nem todas as espécies estão condicionadas a essa variável. Monteiro et al. (2011) por sua vez não observaram em seus estudos a relação entre a taxa de regeneração de casca de *Myracrodruon urundeuva* e a precipitação pluviométrica mensal. Acredito que isso dependera bastante das condições do ambiente já existentes e da biologia da espécie.

### 3. REFERÊNCIAS

1. Almeida, V. C. (2006). *Extração de taninos da casca de Pinus Caribaea var. caribaea através da utilização de diferentes solventes*. Monografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 40p.
2. Baldauf, C.; Santos, F. A. M. (2014). The effect of management systems and ecosystem types on bark regeneration in *Himatanthus drasticus* (Apocynaceae): recommendations for sustainable harvesting. *Environ Monit Assess*, 186:349-359.
3. Begossi, A. (1992). The Use of Optimal Foraging Theory in the Understanding of Fishing Strategies: A Case from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro State, Brazil). *Human Ecology*, 20: 463-475.
4. Begossi, A. (1993). Ecologia Humana: Um enfoque das relações Homem-ambiente. *Interciência*, 18(3):121-132.
5. Begossi, A. (2004). *Ecologia de Pescadores Mata Atlântica e da Amazônia*. Ed. Hucitec: Nepam/Unicamp: Nupaub/USP: Fapesp, São Paulo.
6. Biggs, A. R. (1986). Phellogen Regeneration in Injured Peach Tree Bark. *Annals of Botany*, 57, 463-470.
7. Boer, W. F; Prins, H. H. T. (1989). Decisions of Cattle Herdsmen in Burkina Faso and Optimal Foraging Models. *Human Ecology* 17: 445-464.
8. Borges Filho, H. C.; Felfili, J. M. (2003). Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. *Revista Árvore*, 27(5): 735-745.
9. Charnov, E. L. (1976). Optimal Foraging: Attack Strategy of a Mantid. *The American Naturalist*, 110(971):141-151.

10. Chaves, F. G.; Alves, M. A. S. (2010). Teoria do forrageamento ótimo: Premissas e críticas em estudos com aves. *Oecologia Australis*, 14(2): 369-380.
11. Cunningham, A. B.; Mbenkum, F. T. (1993). Sustainability of harvesting *Prunus africana* bark in Cameroon. Paris, Unesco. *People and plants working paper 1*, 1-30.
12. Cunningham, A. (2001). Applied ethnobotany. People and plants conservation manual. London: Earthscan Publications Ltd.
13. Delvaux, C.; Sinsin, B.; Damme, P.V. (2010). Impact of season, stem diameter and intensity of debarking on survival and bark re-growth pattern of medicinal tree species, Benin, West, Africa. *Biological Conservation*, 143: 2664-2671.
14. Endicott, K.; Bellwood, P. (1991). The Possibility of Independent Foraging in the Rain Forest of Peninsular Malaysia. *Human Ecology*, 19(2): 151-185.
15. Estomba, D.; Ladio, A.; Lozada, M. (2006). Medicinal wild plant knowledge and gathering patterns in a Mapuche community from North-western Patagonia. *Journal of Ethnopharmacology*, 103: 109–119.
16. Fehr, E.; Fischbacher, U. (2004). Social norms and human cooperation and Rankin. *Cognitive Sciences*, 8(4):185-190.
17. Feitosa, I. S.; Albuquerque, U. P.; Monteiro, J. M. (2014). Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnoethnomedicine*, 10(64): 1-13.
18. Ferreira Júnior, W. S.; Siqueira, C. F. Q.; Albuquerque, U. P. (2012). Plant stem bark extractivism in the Northeast semi-arid region of Brazil: a new report to utilitarian redundancy model. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012:1-10.

19. Gorman, R. O.; Wilson, D.S.; Miller, R. R. (2008). An evolved cognitive bias for social norms. *Evolution and Human Behavior*, 29(2008): 71–78.
20. Guedje, N. M.; Lejoly, J.; Nkongmeneck, B. A.; Jonkers, W. B. J. (2003). Population dynamics of *Garcinia lucida* (Clusiaceae) in Cameroonian Atlantic forests. *Forest Ecology and Management*, 177:231-241.
21. Hardin G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162:1243–1248.
22. Hill, K. (1998). Macronutrient Modifications of Optimal Foraging Theory: An Approach Using Indifference Curves Applied to Some Modern Foragers. *Human Ecology*, 16: 157-197.
23. Hixon. M. A. (1982). Energy Maximizers and Time Minimizers: Theory and Reality. *The American Naturalist*, 119(4): 596-599.
24. Ladio, A. H.; Lozada, M. (2003). Comparison of wild edible plant diversity and foraging strategies in two aboriginal communities of northwestern Patagonia. *Biodiversity and Conservation*, 12: 937–951.
25. Ladio, A. H.; Lozada, M. (2000). Edible wild plant use in a Mapuche community of northwestern Patagonia. *Human Ecology*, 28(1):53-71.
26. Ladio, A. H.; Lozada, M. (2004). Patterns of use and Knowledge of wild edible plants in distinct ecological environments: a case study of a Mapuche community from northwestern Patagonia. *Biodiversity and Conservation*, 13(6): 1153-1173.
27. Lieberman, L. S. (2006). Evolutionary and anthropological perspectives on optimal foraging in obesogenic environments. *Appetite*, 47(2006): 3–9.
28. Lopes, P. F. M.; Begossi, A. (2011). Decision-making processes by small-scale

- fishermen on the southeast coast of Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 18:400-410.
29. Ludvico, L. R.; Bennet, I. M.; Beckerman, S. (1991). Risk Sensitive Foraging Behavior Among the Bari. *Human Ecology*, 19: 509-516.
30. MacArthur, R. H.; Pianka, E. R. (1966). On Optimal Use of a Patchy Environment. *The American Naturalist*, 100(916):603-609.
31. Mithen, S. J. (1999). Modeling Hunter-Gatherer Decision Making: Complementing Optimal Foraging Theory. *Human Ecology*, 17(1):59-83.
32. Monteiro, J. M.; Lins Neto, E. M. F.; Araújo, E. L.; Amorim L. C.; Albuquerque, U. P. (2011) Bark regeneration and tannin content in *Myracrodruon urundeuva* Allemão after simulation of extractive damages-implications to management. *Environ Monit. Assess*, 180: 31-39.
33. Monteiro, J. M.; Albuquerque, U. P.; Araújo, E. L.; Amorim, E. L. C. (2005). Taninos: Uma abordagem da química à ecologia. *Química nova*, 28, (5):892-896.
34. Ndangalasi, H. J.; Bitariho, R. B.; Dovitec, D. B. K. (2007). Harvesting of non-timber forest products and implications for conservation in two montane forests of East Africa. *Biological Conservation*, 132(2): 242–250.
35. Orians, G. H.; E. Pearson. (1979). On the theory of central place foraging. In: *Analysis of ecological systems* (eds. Honors, D.J., G.R. Stairs and R.D. Mitchell). 155-177. Columbus: Ohio University Press.
36. Pang, Y.; Zhang, J.; Cao, J.; Yin, S-Y.; Qiang, X.; Cui, K-M. (2008). Phloem transdifferentiation from immature xylem cells during bark regeneration after girdling in *Eucommia Ulmoides* Oliv. *Journal of Experiment Botany*, 59(6):1341-1351.
37. Peters, C. M. (1994). *Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: an ecological primer*. Biodiversity Support Program, Washington, DC.

38. Pulliam, H.R. (1974). On the Theory of Optimal Diets. *The American Naturalist*, 108(959): 59-74.
39. Pyke, G. H.; Pulliam, G. H. H. R.; Charnov, E. L. (1977). Optimal Foraging: A Selective Review of Theory and Tests. *The Quarterly Review of Biology*, 52(2)137-154.
40. Pyke, G. H. (1984). Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 523-575.
41. Rankin, F. W. (2006). Request and Social distance in dictator games. *Journal of Economy Behavior & Organization*, 60(2006): 27-36.
42. Sanches, A. C. C.; Lopes, G. C.; Toledo, C. E .M.; Sacramento, L.V.S.; Sakuragui, C. M.; Mello, J. C. P. (2007). Estudo morfológico comparativo das cascas e folhas de *S. adstrigens*, *S.polyphyllum* e *S.obovatum* –Leguminosae. *Latin.American. Journal of Pharmacy*, 26(3): 362-368.
43. Schoener, T. W. Theory of Feeding Strategies. (1971). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2(1971): 369-404.
44. Sih, A. (1980). Optimal Behavior: Can Foragers Balance Two Conflicting Demands? *Science, New Series*, 210(4473):1041-1043.
45. Silva, F. S.; Albuquerque, UP.; Costa Júnior, L. M.; Silva Lima, A.; Borba, A. L. N.; MONTEIRO, J. M. (2014). An ethnopharmacological assessment of the use of plants against parasitic diseases in humans and animals. *Journal of Ethnopharmacology*, 155: 1332-1341.
46. Silva, R. R. V.; Gomes, L.J.; Albuquerque, U. P. (2015). Plant extractivism in light of game theory: a case study in northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11: 6.



47. Soldati, G.T.; Albuquerque, U. P. (2012). A New application for the optimal foraging theory: The extraction of medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2012: 1-10.
48. Sousa Júnior, J. R.; Albuquerque, U. P.; Peroni, N. (2013). Traditional Knowledge and Management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Economic Botany*, 67(3): 225-233.
49. Sosis, R. (2000). Sharing, consumption, and Patch choice on ifaluk atol. (2000). *Human Nature*, 12(3): 221-245.
50. Smith, E. A.; Bettinger, R. L.; Bishop, C. A.; Blundell, V.; Cashdan, E.; Casimir, M. J.; Christenson, A. L.; Cox, B.; Dyson-Hudson, R.; Hayden, Brian.; Richerson, P. J.; Roth, E. A.; Simms, S. R.; Stini, W. A. (1983). Anthropological Applications of Optimal Foraging Theory: A Critical Review [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 24(5): 625-651.
51. Stearman, A. M. (1991). Making a Living in the Tropical Forest: Yuqui Foragers in the Bolivian Amazon. *Human Ecology*, 19(2):245-260.
52. Tickin, T.; Nantel, P. (2004). Dynamics of the tropical understory herb *Aechmea magdalenae* in old-growth versus secondary forest. *Biological Conservation*, 120: 461-470.
53. Zeleznik, W.S.; Bennett, I.M. (1991). Assumption Validity in Human Optimal Foraging: The Barl Hunters of Venezuela as a Test Case. *Human Ecology*, 19(4):499-508

**CAPÍTULO 1: Coletores de plantas medicinais não otimizam seu comportamento  
de acordo com as previsões da teoria do forrageamento ótimo**

(Submetido para a revista Behavioral Ecology)

## Coletores de plantas medicinais não otimizam seu comportamento de acordo com as previsões da teoria do forrageamento ótimo

Ivanilda S. Feitosa<sup>1</sup>, Júlio M. Monteiro<sup>2</sup>, Elcida L. Araújo<sup>3</sup>, Priscila F. M. Lopes<sup>4</sup>,  
Ulysses P. Albuquerque<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900, Recife, PE, Brazil

email: upa677@hotmail.com .

<sup>2</sup>Department of Biology, Federal University of Piauí (UFPI), CEP: 64800-000, Floriano, PI, Brazil.

<sup>3</sup>Department of Biology, Laboratory of Ecology Vegetation of Natural Ecosystems, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900, Recife, PE, Brazil.

<sup>4</sup>Department of Ecology, Fishing Ecology, Management and Economics Group, Federal University of Rio Grande do Norte.

\* Author for correspondence: upa@db.ufrpe.br; Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. Telefone: (55) (81) 3320-6350.

### RESUMO

Extratores adotam estratégias diferentes para a obtenção de recursos de uso comum. Por serem recursos de acesso coletivo, as escolhas adotadas pelos extratores sofrem interferência direta ou indireta de seus competidores. Diante disso, buscou-se através da teoria do forrageamento ótimo, entender como extratores de recursos vegetais de importância econômica se comportam em ambientes naturalmente restritos. A extração de casca do caule de “barbatimão” (*Stryphnodendron rotundifolium* Mart.) foi utilizada como modelo para entender o comportamento de coletores utilizando a Floresta Nacional do Araripe, Ceará, Nordeste. Foram realizadas excursões com 38 extratores com objetivo de identificar as zonas de coleta, disponibilidade de recursos, quantidade de cascas coletadas e tempo de permanência dos extratores nas manchas. Foram selecionados 14 locais de coleta, nos quais foram alocadas parcelas de 0.5 hectares em cada uma para avaliar a disponibilidade ambiental e quantidades de casca extraídas. Os extratores não escolhem seus locais de coleta em função da disponibilidade e distância dos recursos em relação ao local de origem. Da mesma forma, os extratores também não coletam mais casca quando a mesma é mais abundante. No entanto, a distância percorrida entre o local de origem até as zonas de coleta influenciou na quantidade de casca coletada e o tempo

de permanência dos extratores nesses locais. Concluiu-se que os extratores selecionam suas áreas de coleta e seus recursos de acordo com uma lógica individual, representada pelas suas demandas pré-definidas. O modelo parece não funcionar bem em ambientes com recursos limitados e/ou que tenha outros tipos de pressões seletivas.

Palavras-chave: Extração de casca, Estratégias de coleta, Comportamento humano, Otimização, Cerrado.

## **INTRODUÇÃO**

Populações humanas muitas vezes tomam suas decisões sobre como obter os recursos de que necessitam a partir de uma relação de custo/benefício (Lopes et al. 2011; Soldati and Albuquerque 2012). Se esta decisão é puramente econômica, ela pode ser danosa à conservação em contextos em que os extratores necessitam desses recursos para sua subsistência, ainda que os mesmos apresentem um conhecimento amplo sobre o ambiente (Lins Neto et al. 2010; Feitosa et al. 2014). De fato, em muitos casos o conhecimento aprofundado de extratores sobre recursos naturais leva a uma maior pressão de uso e competição entre os mesmos (Ferreira Júnior et al. 2011; Feitosa et al. 2014).

Assim, entender as motivações que levam extratores inclusive a sobre-explorar recursos de que necessitam para sua sobrevivência é fundamental para se propor estratégias de manejo adequadas. Algumas teorias têm sido utilizadas com o propósito de se entender a tomada de decisão entre os indivíduos na exploração de um recurso comum. Uma delas é a teoria do forrageamento ótimo (TFO), a qual baseia-se na ideia de que indivíduos maximizarão os seus ganhos, sejam eles energéticos ou econômicos, ao considerar não apenas o resultado da extração do recursos, mas também os gastos durante a sua busca, manuseio e processamento (MacArthur and Pianka 1966). Segundo a TFO, forrageadores definem quando devem mudar de local de extração e/ou quais itens extraírem dependendo do retorno que obteriam se explorassem locais ou itens adicionais.

Contudo, esta abordagem é criticada atualmente por ignorar que os indivíduos interagem e afetam os retornos dos outros (Giraldeau and Dubois 2008). Por exemplo, um forrageador sozinho ou forrageando em um grupo com interesses comuns toma decisões que somente afetam a si próprio ou ao seu grupo, e neste caso, pressupostos da TFO clássica se aplicariam. No entanto, na medida em que competidores alteram os

recursos disponíveis, o forrageador tende a não se comportar de forma ótima (Giraldeau and Dubois 2008), por exemplo, permanecendo por períodos mais longos em um local de extração que o esperado pelo processo de otimização.

Utilizamos o modelo elaborado por Orians and Pearson (1979), chamado de forrageamento central, que pode ser bastante aplicável à extração de recursos vegetais realizada por comunidades tradicionais. Este modelo prevê que o predador tem um lugar central (vila, no caso de grupos humanos) para retornar após o forrageamento, os quais devem maximizar a sua taxa de energia entregue a esse local central. De acordo com o modelo, durante a busca os forrageadores gastam energia e tempo, assim a disponibilidade do recurso influencia a escolha do local visitado, levando aos forrageadores a escolherem áreas que combinem qualidade e distância Chaves e Alves (2010). Nós discutimos o comportamento de extratores que dependem de recursos naturais para geração de renda, em regiões semi-áridas, utilizando o nordeste brasileiro como estudo de caso. Especificamente, consideramos a extração de cascas do caule de “barbatimão” (*Stryphnodendron rotundifolium* Mart.), utilizado para principalmente para o uso anti-inflamatório e cicatrizante. Para isso testamos as seguintes hipóteses: a) extratores selecionam os locais de coleta com maior disponibilidade de recursos e menor distância do lugar central; b) extratores coletam mais recursos em locais com maior disponibilidade; c) quanto maior for a distância percorrida na viagem maior será a quantidade de casca coletada e tempo de permanência dos extratores nos locais de coleta.

## **MATERIAL E METODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional do Araripe – FLONA (07°28'38" S e 39°36'33" W), situada na Chapada do Araripe no Estado do Ceará, no Nordeste do Brasil. Esta FLONA apresenta uma área de aproximadamente 38.262,326 hectares. A região é caracterizada pelo clima tropical chuvoso, com temperaturas que variam de 14° a 26° (Lima 1983), e pluviosidade média anual de 1.000 mm (Costa 1998).

O Cerrado apresenta uma extensão dentro da FLONA de 16.327,805 hectares, a qual representa 42,67% da área total. A vegetação é formada por maciços intercalados a grandes clareiras (Lima 1983), com árvores de médio porte que são distribuídas no

ambiente de forma esparsa. Seus indivíduos apresentam fustes retilíneos e/ou tortuosos bastante ramificados, e podem chegar à altura média de 11 m.

Vivem no entorno da FLONA 20 comunidades, as quais se relacionam de formas diferentes com os recursos florestais. Essa relação diferenciada é explicada em parte pela localização das comunidades e seus acessos à floresta, bem como das atividades geradoras de renda de cada uma. Atualmente na FLONA, dentre a gama de produtos florestais não madeireiros que são ofertados podem ser extraídos somente o látex da janaguba (*Himatanthus drasticus* Mart.), o fruto do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) e da fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.). Contudo, salvo o pequi, os dois restantes precisam de autorização emitida pelo órgão responsável da unidade. A coleta de plantas que implicam na remoção da casca são as que mais recebem atenção pelo órgão de fiscalização, devido a forma agressiva que as mesmas são retiradas, como é o caso do “barbatimão” (*Stryphnodendron rotundifolium* Mart.), “catuaba” (*Erythroxylum ampliofolium* (Mart.) O.E.Schulz), “caju” (*Anacardium occidentale* L.), “ameixa” (*Ximenia americana* L.) entre outros. Mesmo nesse contexto de proibição, as pessoas que vivem nessas comunidades seguem explorando de forma frequente os recursos florestais. A comunidade Horizonte é reconhecida pelo IBAMA (2005) como a que mais explora os recursos da FLONA. Em relação ao “barbatimão” toda atividade de extração é considerada clandestina. A distância entre a comunidade e a floresta corresponde a cerca de 7 quilômetros e o seu acesso é facilitado pelo fato de que em muitas vias não há fiscalização.

A comunidade estudada foi selecionada para a investigação etnobotânica com base nos aspectos acima citados e no fato do “barbatimão” ser amplamente conhecido pelas pessoas que moram nessa localidade (Feitosa et al. 2014; Losano et al. 2014). Segundo os dados do posto de saúde do ano 2011, a comunidade possui 1.120 habitantes, dos quais 463 são maiores de 18 anos. A comunidade vive basicamente de duas atividades: o extrativismo e a agricultura. A renda destes moradores vem prioritariamente da venda dos produtos extrativistas.

### **Espécie modelo e comunidade local**

Utilizamos como modelo para testar as predições da teoria do forrageamento ótimo uma população de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. localizada na Floresta Nacional do

Araripe-FLONA, Nordeste do Brasil. Essa espécie foi selecionada por ser muito conhecida, utilizada e amplamente comercializada na região como um recurso medicinal. Isso se deve por sua casca apresentar diversas propriedades antiinflamatórias e cicatrizantes conhecidas e comprovadas cientificamente (Macedo et al. 2007; Carvalho et al. 2009; Castro et al. 2009). A intensa procura por esse recurso baseado nessa demanda comercial, juntamente com o contexto de proibição da coleta por estar dentro de uma unidade de conservação, gera uma grande competição entre os extratores. Os extratores de *S. rotundifolium* Mart. geralmente extraem cascas de acordo com uma demanda pre-estabelecida, ou seja, coletam somente a quantidade de casca que é encomendada pelo comércio local. Esse comportamento sugere que a estratégia adotada no forrageamento desse recurso é o de minimizadores de tempo, na qual o forrageador não obtém maiores vantagens em continuar coletando além da demanda definida. Dessa forma, esse cenário se mostrou bastante propício para testar as hipóteses propostas nesse estudo (Figura 1).



Figura 1. A: Local de coleta de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. realizada pelos extratores da Comunidade local. B: Detalhe de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart.

### Aspectos éticos e legais

Para a realização da coleta de dados, o projeto foi submetido ao comitê de ética da Universidade de Pernambuco e como requisito básico para realização das entrevistas, foi

solicitado que os informantes assinassem o termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (Resolução Nº 466, de 12/12/2012).

Em seguida foi solicitada a autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade-SISBio (38777-1), sistema responsável por emitir autorizações para pesquisas em unidades administradas, pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio.

## **Procedimentos**

Inicialmente procurou-se estabelecer uma relação amistosa e confiável entre os pesquisadores e extrativistas, procedimento habitual em estudos etnobiológicos. Esse procedimento foi necessário devido a coleta de casca do “barbatimão” ser uma atividade proibida pelo órgão fiscalizador, ao ponto dos extratores esconderem a atividade até de outros membros da comunidade. A partir disso, os extratores que participaram da pesquisa foram os que permitiram serem acompanhados nas suas atividades e que manifestaram a intenção de coletar os recursos na floresta, durante o período de junho de 2013 a março de 2014.

## **Construção do modelo de análise**

Foram acompanhados 38 extratores, a fim de avaliar se o comportamento dos mesmos atende as premissas da teoria do forrageamento ótimo. No modelo de forrageamento central Orians and Pearson (1979), os forrageadores precisam maximizar a taxa de energia que será entregue no lugar central. Dessa forma, tomaram-se por base três hipóteses para construir um modelo de análise.

- 1) Extratores selecionam os locais de coleta com maior disponibilidade do recurso e menor distância do lugar central. Variável dependente: número de extratores que selecionaram os locais de coleta; variáveis independentes: disponibilidade de casca e distância percorrida. A disponibilidade foi analisada com base na medida da área de casca disponível (centímetros) dos indivíduos de *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. em cada local (Ando et al. 2003). A distância foi analisada através dos quilômetros percorridos por cada extrator, partindo do lugar central (comunidade local) até o local de coleta.



- 2) Extratores coletam mais recurso em locais com maior disponibilidade ambiental. Variável dependente: casca extraída; variável independente: disponibilidade de casca. A extração de casca foi analisada a partir da medida da área de casca coletada (cm) dos indivíduos em cada local e posteriormente relacionada com a área de casca disponível (cm) dos mesmos (adaptado por Ferreira Júnior et al. 2012).
- 3) Quanto maior for a distância percorrida na viagem, maior será a quantidade de casca coletada e o tempo de permanência nas áreas pelos extratores. Variáveis dependentes: quantidade de casca coletada e tempo de permanência; variável independente: distância percorrida. Para essa hipótese a análise para a extração de casca foi feita com base nos quilogramas coletadas por cada extrator. O tempo foi medido pelos minutos que cada extrator permaneceu em cada local de coleta.

Para testar as hipóteses 1 e 2 realizamos seguintes procedimentos: cada um dos 38 extratores foi acompanhado em uma viagem de coleta. Por critério pessoal de cada extrator, foi selecionado somente um local para a exploração do recurso. Foram identificados ao todo 14 locais de coleta. Em cada local selecionado pelos extratores, alocamos uma parcela de 0.5 hectare, para amostrar os indivíduos de *S. rotundifolium* e medir a área de casca disponível e coletada. Escolhemos a localização das parcelas nos locais de coleta de modo a abranger a maior quantidade de indivíduos que foram explorados pelos extratores. Ao total foram amostrados 7 hectares ao longo dos 14 sítios de coleta apontados pelos extratores. Todos os indivíduos que se enquadraram dentro do critério de inclusão de diâmetro ao nível do solo igual ou maior a 3 cm tiveram sua circunferência medida a 1.30m (circunferência a altura do peito - CAP) (Borges Filho and Felfili, 2003).

A área de casca disponível foi obtida através do cálculo ( $A = CAP \times h$ ) (Ferreira Junior et al. 2012). Para isso, a CAP de todos os indivíduos foi medida a 1,30m. Esse cálculo mede a área de casca que pode ser gerada em uma faixa de dois metros de altura ( $h$ ). A área de casca retirada foi obtida por meio do cálculo ( $c = a \times b$ ), adaptado da metodologia de Ando et al. (2003) por Ferreira Junior et al. (2012). Em cada indivíduo explorado foi medido: o comprimento ( $a$ ) e a largura ( $b$ ) das cicatrizes presentes nos indivíduos, provenientes da retirada da casca. Todas as parcelas foram plotadas na fisionomia Cerrado, o qual tem uma área de extensão dentro da FLONA de 16.327,805 hectares.

Cada extrator foi acompanhado somente em um evento de coleta, totalizando assim 38 eventos de coleta ao longo do estudo. O motivo de ser feito somente um acompanhamento por extrator é justificado pelo fato dos mesmos não exercerem essa prática de forma regular e programada. Dessa forma, a obrigação do acompanhamento deles em uma segunda coleta poderia gerar indução dos resultados, no que se refere aos critérios de seleção e coleta dos recursos. Além disso, existe a dificuldade em se coletar o recurso pelos extratores, uma vez que se leva horas entre o processo de busca, seleção e coleta da casca. Diante dos objetivos propostos, que são o de avaliar o comportamento entre os extratores acerca das variáveis estudadas, acreditamos que um acompanhamento não gera vieses nos resultados, uma vez que o universo amostral foi satisfatório.

Medimos por georreferenciamento a distância percorrida pelos extratores em quilômetros, partindo sempre da comunidade até cada local selecionado para a coleta. Para testar a hipótese 3, o tempo que cada extrator levou para coletar todo o recurso foi cronometrado em minutos. Ao fim de cada coleta, o produto foi pesado em uma balança e o dado foi registrado em quilogramas.

### **Análise dos dados**

Todas as análises entre as variáveis estudadas presentes nas diferentes hipóteses, foram realizadas através do General Linear Models (GLM). Todas as análises foram feitas através do Bioestat 5.0 (Ayres et al. 2007).

Para investigar se extratores coletam em função da disponibilidade do recurso e da distância dos locais, o número total de extratores que selecionaram os locais de coleta foi analisado em relação às áreas de casca disponíveis de cada local e a sua distância do ponto central (comunidade).

Para avaliar se extratores coletam mais recurso em função da disponibilidade, foram analisadas as áreas de cascas retiradas e disponíveis em cada local de coleta.

Para investigar se os extratores otimizam a coleta de casca e o tempo de permanência em função da distância dos pontos de forrageamento, a variável distância percorrida, foi relacionada a quantidade de casca coletada e o tempo de permanência em cada local de coleta.

## RESULTADOS

### **Extratores selecionam os locais de coleta com maior disponibilidade do recurso e menor distância do lugar central?**

Nem a distância em relação ao ponto de partida do forrageador (comunidade) e nem a disponibilidade do recurso explicaram a seleção dos locais de coleta pelos extratores (Tabela 1). Nos 14 locais selecionados pelos extratores para a coleta de casca, foram amostrados 301 indivíduos de barbatimão, com densidade absoluta de 43 ind./ha. A área de casca do caule disponível total foi de 2.044.900 cm<sup>2</sup>, com média de 146.064 cm<sup>2</sup> (DP±52.55). As áreas de cascas disponíveis dos indivíduos variaram entre os locais de coleta num intervalo de 40.400 cm<sup>2</sup> a 297.200 cm<sup>2</sup>. Os 38 extratores percorreram em média 10 km de distância (DP±3.5 km), variando entre 2 a 16 quilômetros. Cada local de coleta foi selecionado em média por dois extratores (DP±2.40).

Tabela 1. Relação entre a distância percorrida, a disponibilidade do recurso e o número de extratores que selecionou cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercepto	4.7114	1	0.375520	0.552469
Distância	7.0249	2,1	0.559914	0.469992
Disponibilidade	8.8571	1,12	0.705956	0.418678
Erro	3.542076	-	-	-

### ***Extratores coletam mais recursos em locais com maior disponibilidade?***

Quando foram comparados a área total de casca disponível em cada zona de coleta e sua área total de casca retirada, os dados mostraram que os extratores não otimizam suas coletas em função da disponibilidade do recurso (Tabela 2). Diante disso, a disponibilidade ambiental não explica a coleta de casca explorada. A área total de casca extraída dos indivíduos presentes nas 14 zonas de coleta pelos 38 extratores foi de

343.479 cm<sup>2</sup>, com a média de 24.534 cm<sup>2</sup> (DP±8.58). As áreas de cascas retiradas dos indivíduos variaram entre os locais de coleta num intervalo de 10.865 cm<sup>2</sup> a 55.346 cm<sup>2</sup>.

Tabela 2. Relação entre a disponibilidade de casca e a quantidade de casca coletada em cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercepto	3.22250	1	6.727664	0.023494
Quantidade coletada	3.27597	1	0.683930	0.424377
Erro	5.74791	12	-	-

**Quanto maior for a distância percorrida na viagem maior será a quantidade de casca coletada, o tempo de permanência nos locais de coleta pelos extratores?**

Quanto mais distantes de suas comunidades vão os extratores, não são maiores as quantidades de casca coletada e tempo de permanência no local (Tabela 3). A média de casca coletada durante um evento de viagem realizada por cada extrator foi de 22 quilogramas (DP±15.17). Os quais variaram de 2 a 70 quilogramas por extrator. Os 38 extratores permaneceram em média 250 minutos em cada viagem (DP±138.09) por área de coleta, com o tempo de permanência variando entre 35 a 592 minutos por extrator.

Os 38 extratores tiveram em média 2.59 km/kg (DP±1.23) de retorno bruto.

Tabela 3. Relação entre a distância percorrida, a quantidade de casca coletada e o tempo de permanência dos extratores em cada um dos 14 locais de coleta, localizados em áreas de Cerrado na Floresta Nacional do Araripe, Nordeste do Brasil.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercepto	0.1250	1	0.020111	0.888997
Tempo	10.9445	1	1.760414	0.067430
Quantidade coletada	262.0619	20	2.107620	
Erro	99.4722	12	-	-

## DISCUSSÃO

Os extratores selecionam seus locais de coleta independente da disponibilidade do recurso e da distância percorrida até o mesmo. Esse dado se mostra contrário ao previsto pelo modelo clássico de forrageio, no qual os forrageadores comumente se restringem a manchas com maior disponibilidade de recursos e com menores distâncias do lugar central (MacArthur and Pianka 1966). Por exemplo, pescadores de camarão artesanais visitam os locais que apresentam maior disponibilidade do recurso desejado (Oliveira et al. 2011) adequando-se ao comportamento previsto pela TFO. Entretanto, outros estudos realizados com essa mesma abordagem observaram que o comportamento ótimo nem sempre é totalmente observado, muitas vezes havendo uma otimização da distância percorrida a partir do lugar central e não necessariamente da disponibilidade do recurso (Estomba et al. 2006; Soldati et al. 2012). Isto em parte pode-se dever à uma não distribuição homogênea dos recursos entre os locais de coleta.

Duas questões principais podem ser levantadas para explicar os achados no nosso estudo: (1) a competição pelo recurso e (2) a proibição da coleta. Os extratores vivem num contexto de grande competição pelo recurso, motivados principalmente pela alta demanda de coleta de casca. Em ambientes em que a competição exerce uma interferência direta na exploração do recurso, as decisões dos mesmos são baseadas no comportamento dos outros (Giradeau and Dubois 2008), o que não é previsto pela teoria do forrageamento clássico. Dessa forma, acreditamos que nesses tipos de contextos, outras variáveis podem afetar as relações de custo/benefício adotados pelos forrageadores, tornando o comportamento dos mesmos sub-ótimos. Manchas que apresentam uma maior produtividade também concentram uma alta densidade de competidores, sendo assim um indivíduo pode optar por não extrair nessa mancha (Pyke et al. 1977). Dessa forma, motivados pela competição do recurso, os extratores não selecionam seus locais de coleta com base na disponibilidade. Acreditamos que os coletores adotaram um comportamento tido como não cooperativo, uma vez que essa seleção não pode ser explicada pela disponibilidade do recurso. Essa coleta feita em locais com baixa disponibilidade, pode levar ao esgotamento local daquele recurso, tornando-o indisponível para outros extratores. Ainda que os achados não tenham mostrado que os extratores superexploram os recursos, observou-se que os mesmos são coletados de forma desigual entre os extratores.

Além da competição entre os extratores pelo recurso, existe a proibição da coleta comumente presente no local em que eles forrageiam. No contexto atual, os órgãos fiscalizadores podem ser vistos assumindo o papel de predadores previstos nos modelos clássicos, fazendo os extratores cumprirem as normas sociais e modelando os comportamentos dos mesmos. O comportamento dos humanos pode ser baseado na cooperação condicional, que prevê que a cooperação de um membro só acontece se os outros membros também cooperarem (Fehr and Fischbacher 2004). Nesse contexto, a necessidade da coleta baseada na demanda comercial, aliado ao risco de ser pego descumprindo as normas, por vezes faz com que os extratores adotem um comportamento não cooperativo, buscando locais de coleta com baixa disponibilidade, mas que atendam aos seus objetivos individuais.

Sob a ótica do forrageamento clássico, segundo Sih (1980) os forrageadores alteram o seu comportamento de modo a reduzir o risco da predação, e as alterações são maiores à medida que os riscos são maiores. Quando se vive em ambientes em que o risco é determinante no processo de decisão, os forrageadores podem assumir o comportamento sensível ao risco. Isso acontece quando o retorno esperado pelo forrageamento em um local de coleta está acima das suas exigências, nesses casos os indivíduos evitam o risco pois conseguem alcançar suas demandas sem maiores esforços (Ludvico et al. 1991). Desse modo, quando um local confere o retorno necessário para os extratores, os mesmos preferem selecioná-lo a ter que assumir o risco e procurar locais com maior disponibilidade. O risco de ser pego pela fiscalização é tão ou pior que os ocasionados pela competição. Dessa forma, são várias pressões que exercem influência sobre o comportamento dos extratores fazendo com que os mesmos se distanciem do que é previsto pelo modelo clássico.

Ao contrário do esperado, a variável disponibilidade do recurso não influenciou a extração de casca dos indivíduos presentes nos diferentes locais de coleta. Dados contrários foram encontrados por Soldati et al. (2012), os quais observaram que o local que apresentou maior disponibilidade ambiental também foi mais explorado pelos extratores. Contudo, no estudo de Soldati et al. (2012) a coleta não sofre influência da competição entre extratores e restrição dos recursos por um órgão de fiscalização. Isto reforça a ideia de que estas variáveis, quando presentes, podem modificar o comportamento dos extratores. Diante disso, o estudo dessas variáveis quando presentes

no ambiente é interessante, uma vez que as mesmas trazem robustez para a explicação da coleta de recursos de uso comum.

Os extratores coletam seus recursos com base numa demanda pré-definida e exploram essa quantidade independente da disponibilidade do recurso do local selecionado. A demanda é baseada na encomenda feita pelos vendedores de plantas medicinais. Assim, pensando em termos de estratégias, o comportamento do extrator não se aplica ao modelo, uma vez que cada jogador altera a sua estratégia, baseada na sua demanda pré-definida. Diante disso, de acordo com a teoria clássica, o comportamento dos extratores se enquadra bem no que Pyke et al. (1977) denominou de minimizadores de tempo. Segundo o autor, se um indivíduo possui uma exigência fixa de energia e não se ganha em termos adequação e precisa-se de tempo para outras atividades, então a aptidão deve ser maior quando minimiza o tempo do forrageamento. Portanto, os extratores coletam com base numa quantidade definida e permanecem o tempo suficiente para realizar a coleta. Essa estratégia faz com que os extratores não colem mais recurso à medida que o recurso se torna mais disponível. Esse cenário só reforça a ideia de que forrageadores atuais baseiam muitas vezes sua relação de custo/benefício em cima de outras variáveis que não são previstas pelo modelo clássico, que prevê apenas a otimização de energia. Com a modificação do cenário de forrageamento, expressos pela alteração das paisagens naturais através de suas fragmentações e perda de espécies, das funções dos forrageadores na sociedade e demandas financeiras para atingir a sobrevivência dos mesmos, acreditamos que houve uma alteração significativa nessa relação, indicando o desvio do comportamento esperado pela TFO.

A distância da zona de recurso não explicou a quantidade de casca explorada nos diversos locais de coleta. Portanto, à medida que os extratores viajaram a longas distâncias a quantidade de casca explorada também não aumentou, a fim de compensar o custo da viagem. Lopes et al. (2011) observaram que a distância dos locais de coleta para o lugar central influenciou na quantidade de peixe que era capturado. Isso indica que os achados desse estudo não seguem o padrão encontrado na literatura e os que são previstos pela teoria clássica. A relação custo/benefício empregada nessa situação não foi baseada na compensação do que foi gasto durante a viagem, reforçando a nossa argumentação de um comportamento subótimo.

Como já mencionado, os extratores coletam de acordo com uma meta estabelecida, e em lugares distantes essa quantidade de casca é coletada de uma só vez motivada pelo



risco de predação (ser flagrado pela fiscalização). Os que coletam em lugares mais próximos, pela facilidade de acesso a floresta e risco diminuído, optam por cumprir sua meta durante vários dias e exploram quantidades de casca bem menores em cada viagem. Desse modo, com pressões diferentes da prevista pelo modelo clássico, os extratores têm seu comportamento sub-ótimo.

Como decisões no ambiente natural são feitas por vezes com base em informações imprecisas sobre os riscos, o efeito da ambiguidade se torna alto (Rode et al. 1999). Ou seja, a probabilidade de tomar decisões erradas e que não vão conferir maiores retornos num ambiente ambíguo, leva os jogadores a ter comportamentos sensíveis ao risco. Um ambiente ambíguo nesse contexto seriam áreas que os retornos fossem desconhecidos pelos extratores. Quando o extrator se depara com duas opções, uma conhecida e uma ambígua, e o retorno que se necessita é maior do que o retorno médio de ambas as opções, os mesmos devem preferir a opção ambígua (Rode et al. 1999). Uma vez que essa opção por ser desconhecida se torna mais variável e por consequência poderá talvez conferir um resultado acima da recompensa esperada. Diante disso, os achados demonstram que os extratores que detem uma demanda baixa de coleta a ser alcançada, optam por explorar locais de coleta mais próximos a comunidade e de probabilidades conhecidas, uma vez que seus retornos não são altos. Por sua vez os extratores que necessitam de uma quantidade maior de recurso, na sua grande maioria optaram por locais de coleta de caráter ambíguo, onde mesmos os retornos sendo desconhecidos poderiam compensar a recompensa exigida. Toma-se por base que os locais mais distantes da comunidade são tidos como ambíguos, por estarem por vezes fora do raio de passagem frequente dos extratores.

A distância da zona de coleta também não explicou o tempo de permanência dos extratores nesses locais. Segundo Ladio e Lozada (2003) a taxa de ganho depende do custo de viagem e abundância dos recursos. Ou seja, quanto maior distância for percorrida, maior deve ser o tempo de permanência dos extratores nas áreas a fim de coletar mais recurso. Os forrageadores que viajam a longas distâncias devem trazer de volta maior retorno energético para o lugar central dos que os que forragearam nas proximidades. No caso em questão, o tempo de permanência não aumentou à medida que os extratores se distanciaram do lugar central, assim como a quantidade de casca extraída também não aumentou. Dessa forma o tempo de permanência dos extratores nas áreas de coleta, foram somente o suficiente para coletar à quantidade de casca necessária.

Diferente do que foi observado em um outro estudo com pescadores, em que a distância explicou a quantidade de peixe capturado, mas não o tempo de permanência na mancha (Lopes et al. 2011). Os mesmos autores argumentam que esse fato se justifica pelos pescadores coletarem em vários pontos ao mesmo tempo, a fim de não perder o recurso para outros companheiros, levando a exaustão local dos recursos. Assim como na variável quantidade de casca coletada, o tempo de permanência dos extratores não foi baseada na lógica de otimização, uma vez que eles não permaneceram no ambiente levando em consideração a lógica de coletar maior quantidade de casca por menor unidade de tempo em uma menor distância. Como já foi dito, os mesmos permaneceram nos locais de coleta o tempo necessário para coletar a quantidade de casca presente em suas demandas individuais.

## CONCLUSÃO

Os coletores de *S. rotundifolium* não otimizam seu comportamento de acordo com as previsões da TFO. Esse distanciamento do comportamento dos extratores previsto pelo forrageamento clássico sugere que os mesmos adotaram um comportamento sub-ótimo, coletando os recursos de acordo com demandas pré-definidas. Junto a isso, a restrição do recurso, representada pela fiscalização dos órgãos gestores da FLONA, e a competição de outros coletores que estão também sujeitos as mesmas restrições, provavelmente interferiram na não otimização da coleta de casca. Dessa forma, sugere-se que o modelo parece não funcionar bem em contextos sujeitos a competição e fiscalização.

Assim, a utilização de modelos que busquem explicar o comportamento dos forrageadores sob uma ótica de grupo, no qual os mesmos tomam suas decisões levando em consideração a presença de outros competidores e as necessidades atuais, pode trazer contribuições bem mais interessantes do que as trazidas pelo modelo clássico atual estudado.

Como implicações teóricas, o estudo trouxe informações sobre como as variáveis já conhecidas na TFO influenciam o comportamento de forrageadores atuais, em um contexto de competição e proibição do acesso ao recurso. Como implicações práticas, as decisões dos forrageadores têm influência direta na conservação da espécie estudada. Dessa forma, através do conhecimento das estratégias adotadas pelos extratores, pode-se inferir como a espécie está sendo explorada, sendo possível a elaboração de plano de

manejo da espécie. Em termos de otimização não existe áreas preferidas para a coleta, contudo, áreas que se localizam longe da fiscalização podem ser alvos de maior exploração.

## REFERÊNCIAS

Ando M, Yokota HO, Shibata E. 2003. Bark stripping preference of sika deer, *Cervus nippon*, in terms of bark chemical contents. *Forest Ecology and management*. 177:323-331.

Ayres M, Ayres Júnior M, Ayres DL, Santos, AAS. 2007. BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém, Pará Sociedade Civil Mamirauá.

Begossi A. 1992. The Use of Optimal Foraging Theory in the Understanding of Fishing Strategies: A Case from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro State, Brazil). *Human Ecology*. 20:463-475.

Boer WF, Prins HHT. 1989. Decisions of Cattle Herdsmen in Burkina Faso and Optimal Foraging Models. *Human Ecology*. 17:445-464.

Borges Filho HC, Felfili JM. 2003. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. *Revista Árvore*. 27:735-745.

Carvalho FA, Jacobson TKB, Costa AF, Santos AAB, Hay JDV. 2009. Estrutura e distribuição espacial do Barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) em uma área de cerrado no sudeste de Goiás. *Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas*. 3(1):14-19.

Castro AHF, Paiva R, Alvarenga AA, Vitor SMM. 2009. Calogênese e teores de fenóis e taninos totais em barbatimão [*Stryphnodendron adstrigens* (Mart.) Coville]. *Ciência agrotecnica*. 33(2):385-390.

Costa VD. 1998. Conhecendo o Araripe: recursos hídricos. In: Projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável da APA-Chapada do Araripe e da Biorregião do Araripe. Crato, Ceará: MMA/FUNDETEC 3.

Chaves FG, Alves MA. 2010. Teoria do forrageamento ótimo: premissas e críticas em estudos com aves. *Oecologia Australis*. 14:369-380.

Estomba D, Ladio A, Lozada M. 2006. Medicinal wild plant knowledge and gathering patterns in a Mapuche community from North-western Patagonia. *Journal of Ethnopharmacology*. 103:109-119.

Fehr E, Fischbacher U. 2004. Social norms and human cooperation. *Trends in cognitive Sciences*. 8(4):185-190.

Feitosa IS, Albuquerque UP, Monteiro, JM. 2014. Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10:64.

Ferreira Júnior WS, Siqueira CFQ, Albuquerque UP. 2012. Plant Stem Bark Extractivism in the Northeast Semiarid Region of Brazil: A New Aport to Utilitarian Redundancy Model. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012:1-12.

Giraldeau LA, Dubois F. 1979. Social Foraging and Study of Exploitative Behavior. *Advances in the study behavior*. 38: 59-104.

Hill K. 1998. Macronutrient Modifications of Optimal Foraging Theory: An Approach Using Indifference Curves Applied to Some Modern Foragers. *Human Ecology*. 16:157-197.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 2005. Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. Crato, Ceará.

Ladio AH, Lozada M. 2003. Comparison of wild edible plant diversity and foraging strategies in two aboriginal communities of northwestern Patagonia. *Biodiversity and Conservation*. 12:937-951.

Lima MF. 1983. Mapeamento e demarcação da floresta nacional do Araripe. Fortaleza, Ceará: IBDF/FCPC/UFC.

Lins Neto, EMF, Peroni N, Albuquerque UP. 2010. Traditional Knowledge and Management of *Spondias tuberosa* Arruda (Umbu) (Anacardiaceae) an endemic species from the Semi-Arid Region of Northeast Brazil. *Economic Botany*. 64:1-21.

Lopes PFM, Begossi A. 2011. Decision-making processes by small-scale fishermen on the southeast coast of Brazil. *Fisheries Management and Ecology*. 18:400-410.

Lopes PFM, Clauzet M, Hanazaki N, Ramires M, Silvano RAM, Begossi A. 2011. Foraging Behaviour of Brazilian Riverine and Coastal Fishers: How much is explained by the optimal foraging theory? *Conservation and Society*. 9:236-246.

Losano A, Araujo EL, Medeiros MFT, Albuquerque UP. 2014. The apparency hypothesis applied to a local pharmacopoeia in the Brazilian northeast. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 10:2.

Ludvico LR, Bennet IM, Beckerman S. 1991. Risk Sensitive Foraging Behavior Among the Bari. *Human Ecology*. 19:509-516.

MacArthur RH, Pianka ER. 1966. "On optimal use of a patchy environment," *American Naturalist*. 100: 603–609.

Macedo FM, Martins GT, Rodrigues CG, Oliveira DA. 2007. Triagem fitoquímica do Barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville]. *Revista Brasileira de Biociências*. 5:1166-1168.

Mithen SJ. 1999. Modeling Hunter-Gatherer Decision Making: Complementing Optimal Foraging Theory. *Human Ecology*. 17:59-83.

Oliveira LEC, Begossi A. 2011. Last Trip Return Rate Influence Patch Choice Decisions of Small-Scale Shrimp Trawlers: Optimal Foraging in São Francisco, Coastal Brazil. *Human Ecology*. 39:323-332.

Orians GH, Pearson E. 1979. On the theory of central place foraging. In: *Analysis of ecological systems* (eds. Honors, DJ, GR. Stairs and R.D. Mitchell). 155-177. Columbus: Ohio University Press.

Pyke GH, Pulliam HR, Charnov EL. 1977. Optimal foraging: A selective review of theory and test. *The Quarterly Review of Biology*. 52:137-154.

Rode C, Cosmides L, Hell W. Tooby J 1999. When and why do people avoid unknown probabilities in decisions under uncertainty? Testing some predictions from optimal foraging theory? *Cognition*. 72:269-304.

Sih A. 1980. Optimal behavior: Can foragers Balance two conflicting demands? *Science*. 210:1041-1043.

Soldati GT, Albuquerque UP. 2012. A New application for the optimal foraging theory: The extraction of medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012:1-10.

**CAPÍTULO 2: Impact of collection on bark regeneration from *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in Northeastern Brazil**

(Aceito para publicação em Environmental Monitoring and Assessment)

**Impact of collection on bark regeneration from *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in Northeastern Brazil**

**Ivanilda Soares Feitosa · André Sobral · Júlio Marcelino Monteiro · Elcida de Lima Araújo · Ulysses Paulino Albuquerque**

**Abstract** The growing commercial demand for products with medicinal use has caused overexploitation of several plant species worldwide. To prevent the decline of these populations, the collection of these resources should be done in a sustainable way considering the time of its replacement in natural stocks. This study was designed to identify the relationship between different intensities of extraction of bark from the trunk of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. and its regeneration speed. For this, we selected two areas of Cerrado in the Northeast of Brazil, where a monitoring experiment with duration of 24 months was performed. This experiment consisted in simulating different extractive damage to assess the regeneration of bark. In each area, we selected 20 individuals, among which four treatments with five repetitions were implemented. The data showed that in both study areas, the trees regenerated their shells faster when subjected to higher collection intensities. However, this regeneration was not related to variations in rainfall in the environment.

**Keywords** Ethnobiology · Human Ecology · Non-timber products · Medicinal plants · Bark harvesting · Brazilian Savanna ·

---

I.S. Feitosa · A. Sobral · U.P. Albuquerque (✉)

Department of Biology, Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900, Recife, PE, Brazil

email: upa677@hotmail.com

J.M. Monteiro

Department of Biology, Federal University of Piauí (UFPI), CEP: 64800-000, Floriano, PI, Brazil



E.L. Araújo

Department of Biology, Laboratory of Plant Ecology of Natural Ecosystems, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900, Recife, PE, Brazil

## Introduction

Many plant species that have a high value for the trade of medicinal plants are threatened because of predatory extraction. In the Brazilian Cerrado, this activity is partly responsible for the extinction of several species (Zardo 2008). Bark is among the main products collected in this type of trade (Feitosa et al. 2014). Based on this demand, collecting these resources becomes excessive frequently, leading to the decline of these plants populations or even to death (Shahabuddin and Prasad 2004). This condition will depend on the amount of bark removed, the plant's ability to withstand the aggression and regeneration of the removed structure (Peters 1994). Although some studies evaluated the collection of bark made in various local communities (Monteiro et al. 2005, Ferreira Junior et al. 2012, Feitosa et al. 2014), little is known about the recommended amounts for a sustainable harvesting of the species and how long they take to regenerate the extracted resources (Baldauf and Santos 2014).

Among the many methods that are used to remove bark of these plants, we highlight the direct methods, in which extractors collect the bark of living parts of individuals, more precisely from the trunks (Filizola and Sampaio 2015). In order to perform a sustainable harvesting of this resource, not only the collection method must be evidenced, it is also necessary to determine a maximum limit to be removed (Delvaux et al. 2010). Cunningham and Mbenkum (1993), studying *Prunus africana* (Hook. F.) Kalkman, introduced a collection protocol for the species, in which extractors could only remove the bark in "ribbons" in opposite sides of the trunk, and collections above the first branch of the canopy were not allowed.

Using the correct method of collection favors the reconstitution of the extracted part. Normally the plant can regenerate the explored area, yet each species has a different regeneration time for each tissue type. Plants that exhibit latex production in large quantities tend to regenerate faster, since the regeneration process starts with the production of this substance (see Baldauf and Santos 2014). Besides the production of latex, other factors also influence the time of bark regeneration, such as the availability

of water (Biggs 1986). The bark regeneration in the rainy season tends to be higher than in the dry season, as well as trees occurring in open areas tend to regenerate faster than those occurring in enclosed areas (Filizola and Sampaio 2015). Although environmental conditions are considered factors that can influence the regeneration time, it is believed that the intensity of the damage caused in these individuals is the major responsible for the differences that occur in their regeneration responses (Cunningham 2001). Therefore, deeper and more extensive damages are associated with higher rates of regeneration (see Baldauf and Santos 2014).

This study used *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. as a model for this. The bark of the species of this genus are explored in various regions of the Cerrado in Brazil (Borges and Felfili 2003, Filizola and Sampaio 2015). Its commercial value is related to the compound produced by its secondary metabolism, tannins (Meira et al. 2013). In humans, the presence of this substance provides some recognized biological activities and confirmed as anti-inflammatory (Sanches et al. 2007, Macedo et al. 2007). Individuals of the genus *Stryphnodendron* Mart. present shrub to tree sizes with twisted stem and branches presenting barks with rough surface. The branches are covered with little foliage presenting sparse and irregular canopy (Scalon 2016). *Stryphnodendron* is a genus that presents deciduous trees, losing their leaves during the months of June and July, returning to sprout in late August. The flowering of the species of this genus usually starts in September and fruiting occurs in November (Scalon 2016). In folk medicine they are widely used against inflammatory processes (Souza et al. 2007) and wound healing (Feitosa et al. 2014). According to some studies, these properties are associated with species of this genus due to its high content of tannins (Ardisson et al. 2002). The study was conducted in a community located in the Northeastern semi-arid region, and assessed the impact of the collection of bark on the rate of regeneration of *S. rotundifolium* Mart individuals. For this, it was hypothesized that individuals subjected to different intensities of collection, can differ in their rate of recovery from the damage. Thus, the aims of this study were; (i) to compare the regeneration rate between the different damage intensities; (ii) to monitor the bark regeneration rates over two years between the different damage intensities; (iii) to assess the influence of rain volume in the bark regeneration rate over the years.

Thus, this work brings important information about the process of regeneration of a greatly exploited species in the Northeast semi-arid region. This new information is

essential for establishing less aggressive collection methods as well as for access to regeneration rates and whether they are influenced by different damage intensities and environmental conditions.

## **Material and methods**

### **Study area**

The study area is located in the Araripe National Forest – FLONA (07°28'38" S and 39°36'33" W), located in Chapada do Araripe in the state of Ceará, northeastern Brazil. The FLONA has an area of approximately 38,262.326 hectares and covers the following vegetation types: Cerrado, Cerradão, rainforest and Carrasco. Presents tabular relief (Toniolo and Kazmierczak 1999), with altitudes ranging from 870 to 974 m (Cavalcanti and Lopes 1994). The soils of the Chapada do Araripe are yellow and red-yellow latosol, which are very deep soil, well drained and of great physical condition (IBAMA 2005). The region is characterized by rainy tropical climate with temperatures ranging from 14 °C to 26 °C, with 5-7 dry months (Cavalcanti and Lopes 1994), and average annual rainfall of 1,000 mm (Costa et al. 1998). The region has been studied by our groups for at least seven years with different approaches related to the uses of the landscape and sociobiodiversity resources (Sousa Junior et al. 2013; Feitosa et al. 2014; Lozano et al. 2014; Silva et al. 2014; Campos et al. 2015; Reinaldo et al. 2015; Cavalcanti et al. 2015a,b; Crepaldi et al. 2015; Silva et al. 2015; Sousa Junior et al. 2016; Campos et al. 2016; Silva Neto et al. 2016; Silva et al. 2016; Silva et al. 2017).

The Cerrado presents an area of 16,327.805 hectares inside the FLONA, which represents 42.67% of the total area. The vegetation consists of dense vegetation areas to large glades with bare soils or under a sparse covering of grass; these dense vegetation areas present twisted trees of medium and small sizes, with sparse branches, rough and cracked barks and a dense shrub understory (Lima et al. 1983). Its individuals present rectilinear and/or tortuous and very branched trunk, and can reach the average height of 11 m.

## Experimental design and data sampling

Two areas of Cerrado in the Araripe National Forest were selected for the study. These two study areas were selected for data comparison, in order to decrease the chance the results are only an intrinsic response of the area in question.

Because of the intense collection of bark of this plant, and thus a high probability to affect the study, the areas for the selection of species needed to be of difficult access to the local population. Thus, two distant areas of the main extractive local community were selected. The selection of the areas followed the criteria of being of difficult access to extractors, with the reason that the experiment could not be affected by their presence. Once chosen the areas, in each area 20 individuals of *S. rotundifolium* Mart. were selected. These individuals had to be within the minimum criterion for inclusion of diameter, greater than or equal to 30 cm at 1.3m height, which is the minimum viable measure for regeneration studies (see Delvaux et al. 2010). Individuals were monitored from June 2013 to May 2015 (24 months), assessing the time of regeneration of bark under the influence of collection intensity and rainfall.

To evaluate the time of regeneration of the bark, a simulation treatment of bark extraction was performed following the protocol proposed by Monteiro et al. (2011). In each area were conducted in the same period, four treatments with five repetitions (total of 20 individuals in each area), in which the bark were extracted in the following dimensions, I: 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>); II: 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>); III: 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>) and IV: 10x5 cm (50 cm<sup>2</sup>) (Fig. 1). All extractions of bark were performed at 1.3 m height. To set up the experiment the bark and inner bark of the individuals, that comprise the rhytidome and the secondary phloem, were removed. After collection of the bark it has been drawn fixed points on both sides of the scar, in a horizontal direction, from which measurements of the regenerated barks were monthly taken (Devaulx et al. 2010). To obtain complete regeneration the average value of the three measurements taken from both sides of the scar were calculated. The areas of the regenerated barks were obtained by the growing of the edges, because the individuals selected in this study showed that standard of regeneration of the tissues, characteristic of individuals that undergo deep damage. The measurements of monthly regeneration of the individuals were performed in millimeters using millimeter paper suitable for this function. Subsequently, the data in millimeters were converted into centimeters for the analysis.

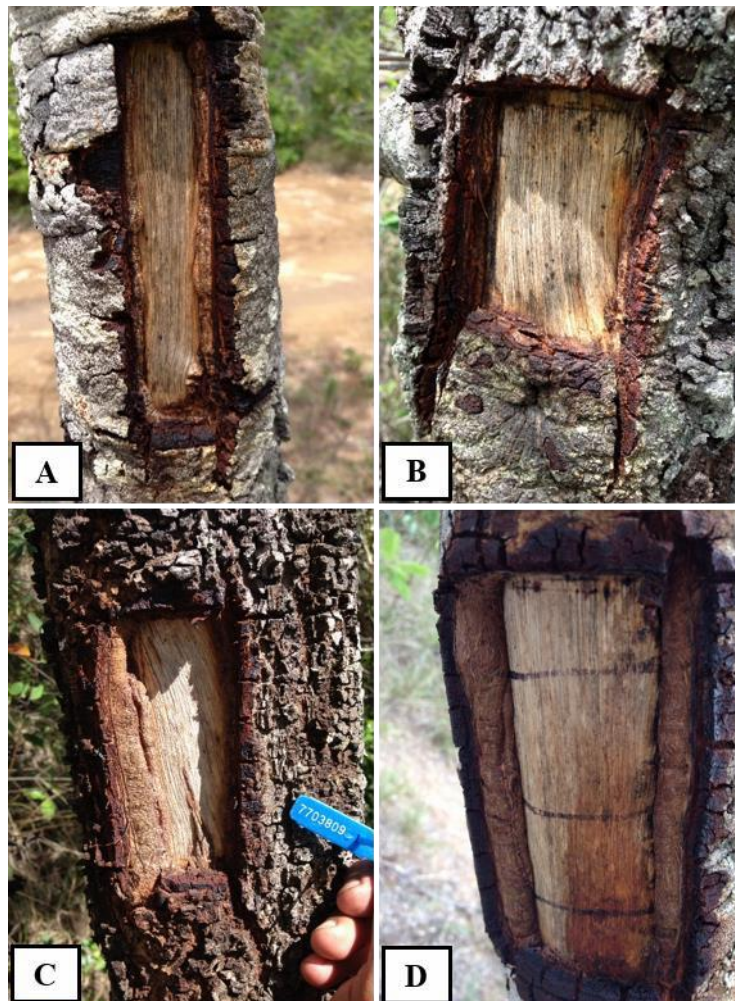


Figure 1. Details of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. individuals, simulating extractivism damages of stem bark, selected in the two areas of Cerrado, in the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. A: treatment I (10x2) 20 cm<sup>2</sup>; B: treatment II (6x5) 30 cm<sup>2</sup>; C: treatment III (8x5) 40 cm<sup>2</sup>; D: treatment IV (10x5) 50 cm<sup>2</sup>.

#### Data analysis

The Kruskal-Wallis test was applied to test for differences between the monthly amounts of bark regeneration on different damage intensities (treatments) over the two years of monitoring. To assess whether there is a correlation between the monthly bark regeneration and monthly rainfall, we used the Spearman correlation. The rainfall data were obtained from the data sheet provided by FUNCEME/CE (Foundation of Meteorology and Water Resources of Ceara). For all statistical analysis the software Bioestat 5.0. (Ayres et al. 2007) was used.

## Results

Table 1 presents the analysis of the descriptive statistics of each of the treatments in the two studied areas. In area 1, the first treatment, 20cm<sup>2</sup>, did not differ from any other. The second treatment (T2: 30 cm<sup>2</sup>), differed significantly from treatments 40 cm<sup>2</sup> e 50 cm<sup>2</sup> (p<0.05; H: 23.46) (Table 2). The treatments that presented the faster bark regeneration compared with the others were 40 cm<sup>2</sup> and 50 cm<sup>2</sup>, presenting no differences between each other. (Table 2). While, in area 2, the second treatment (30 cm<sup>2</sup>) differed significantly from the third (40cm<sup>2</sup>) (p<0.05). The third treatment (40 cm<sup>2</sup>) differed significantly from the fourth (50cm<sup>2</sup>). The damage classes that presented the most remarkable results were 30 and 50cm<sup>2</sup> (p<0.05; H: 19.60) (Table 2).

Table 1. Descriptive statistics of the bark regeneration values of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in each of the treatments simulating extractivism damages (T1: 20 cm<sup>2</sup>, T2: 30 cm<sup>2</sup>, T3: 40 cm<sup>2</sup>, T4: 50 cm<sup>2</sup>) in two Cerrado areas in the Araripe National Forest, Ceara, Brazil. Area 1- Malhada Bonita; Area 2- Alojamento.

	Treatment	Mean	Standard error	Coefficient of variation	Median	Variance
Area 1	T1	13.10	1.69	63.53%	14.29	69.28
	T2	6.59	0.71	53.01%	7.63	12.20
	T3	16.87	1.72	50.09%	20.43	184.29
	T4	19.40	2.28	57.66%	20.03	125.18
Area 2	T1	17.14	2.01	57.68%	17.96	97.86
	T2	24.12	2.77	56.28%	25.52	184.29
	T3	9.48	1.02	52.93%	9.46	25.20
	T4	23.95	3.03	62.11%	23.19	221.27

Table 2. Results of the analysis of variance of bark regeneration of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in different treatments simulating extractivism damages (T1: 20 cm<sup>2</sup>, T2:30 cm<sup>2</sup>, T3:40 cm<sup>2</sup>, T4:50 cm<sup>2</sup>) in two Cerrado areas in the Araripe National Forest, Ceara, Brazil. Area 1-Malhada Bonita; Area 2- Alojamento.

	Area 1	Area 2
Kruskal Wallis test values	H: 23.46 p <0.0001	H: 19.60 p 0.0002
T1 x T2	P >0.05	P >0.05
T1 x T3	P >0.05	P >0.05
T1 x T4	P >0.05	P >0.05
T2 x T3	<b>P &lt;0.05</b>	<b>P &lt;0.05</b>
T2 x T4	<b>P &lt;0.05</b>	P >0.05
T3 x T4	P >0.05	<b>P &lt;0.05</b>

In area 1, regeneration rates of classes 40 cm<sup>2</sup> and 50 cm<sup>2</sup> were the highest among the four treatments (Fig. 2a), which showed the monthly average values of 2.66 and 1.99 cm<sup>2</sup>/month, respectively. The individuals present in these two classes also showed the highest growth of the edge of the bark at the end of the 24 months of monitoring (Fig. 2b). The individuals present in these classes were the first to begin the process of regeneration after the damage (2 months), while those from classes 20 and 30 cm<sup>2</sup> took three months to present the first signs of tissue regeneration. At the end of the experiment the classes 40 and 50 cm<sup>2</sup> were also those that presented the highest amount of regenerated bark (6.7 and 4.5 cm<sup>2</sup>) respectively. Twelve months after the beginning of the experiment (May 2014), the individuals of these two classes already presented more than half of the regenerated area and had doubled the growth of edge in the second year of monitoring.

At the end of the first year of monitoring, we observed the presence of six dead individuals, one (20 cm<sup>2</sup>), one (30 cm<sup>2</sup>), three (40 cm<sup>2</sup>) and one (50 cm<sup>2</sup>). All individuals deaths were observed in March. At the end of the experiment, it was observed that none of the 20 individuals studied in area 1 presented 100% of regenerated bark.

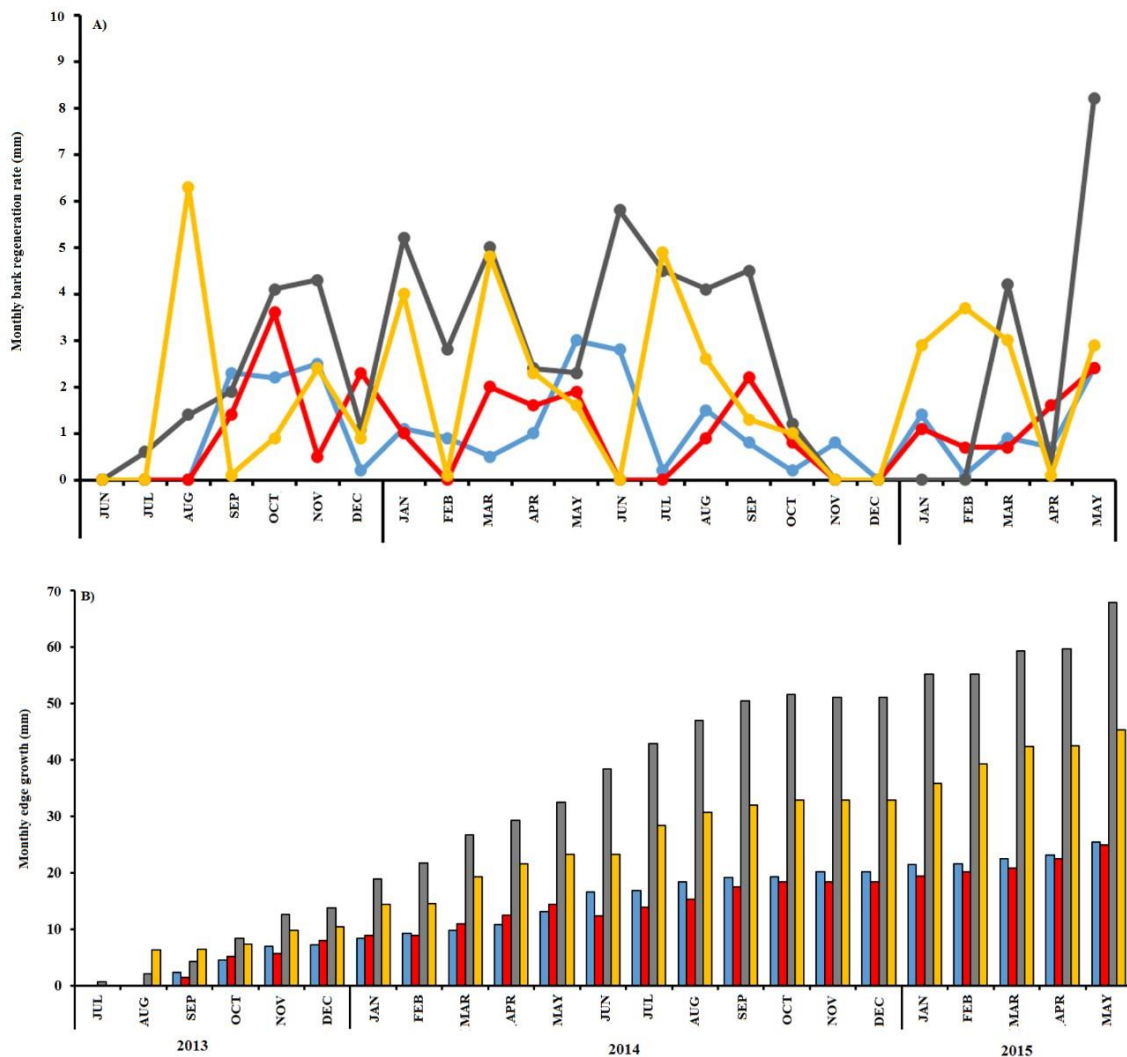


Figure 2. A: Monthly total bark regeneration rates; B: Monthly edge growth of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. Individuals on area 1. I (—●—, —■—): 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (—◆—, —■—): 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>), III (—▲—, —■—): 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>), IV (—◆—, —■—): 10x5 cm (50 cm<sup>2</sup>).

In area 2, the treatment classes that presented higher regenerating rates were 30 and 50 cm<sup>2</sup> (Fig. 3a). Unlike the area 1, individuals from 40 cm<sup>2</sup> class did not have the highest bark regeneration rates. Individuals from class 30 cm<sup>2</sup> presented monthly regeneration of 1.97 cm<sup>2</sup>/month, followed by 50 cm<sup>2</sup> class with 2.39 cm<sup>2</sup>/month. The individuals present in these classes at the end of the experiment also showed the highest amount of regenerated bark (4.4 and 6.5 cm<sup>2</sup>), respectively, obtaining the highest edge growth (Fig. 3b). Except for the individuals of 50 cm<sup>2</sup> class, all other initiated the regeneration of the tissues immediately in the second month after the damage. Twelve months after the beginning of the experiment (May 2014), individuals in class 30 cm<sup>2</sup> already presented



half of the regenerated area, while the Class 50 cm<sup>2</sup> already had more than half of the regenerated final bark. In the second year of observation, there was the presence of 1 dead individual in class 50 cm<sup>2</sup>. At the end of the experiment, it was observed that none of the 20 individuals studied in area 2 showed 100% of the regenerated bark, as well as individuals in the area 1.

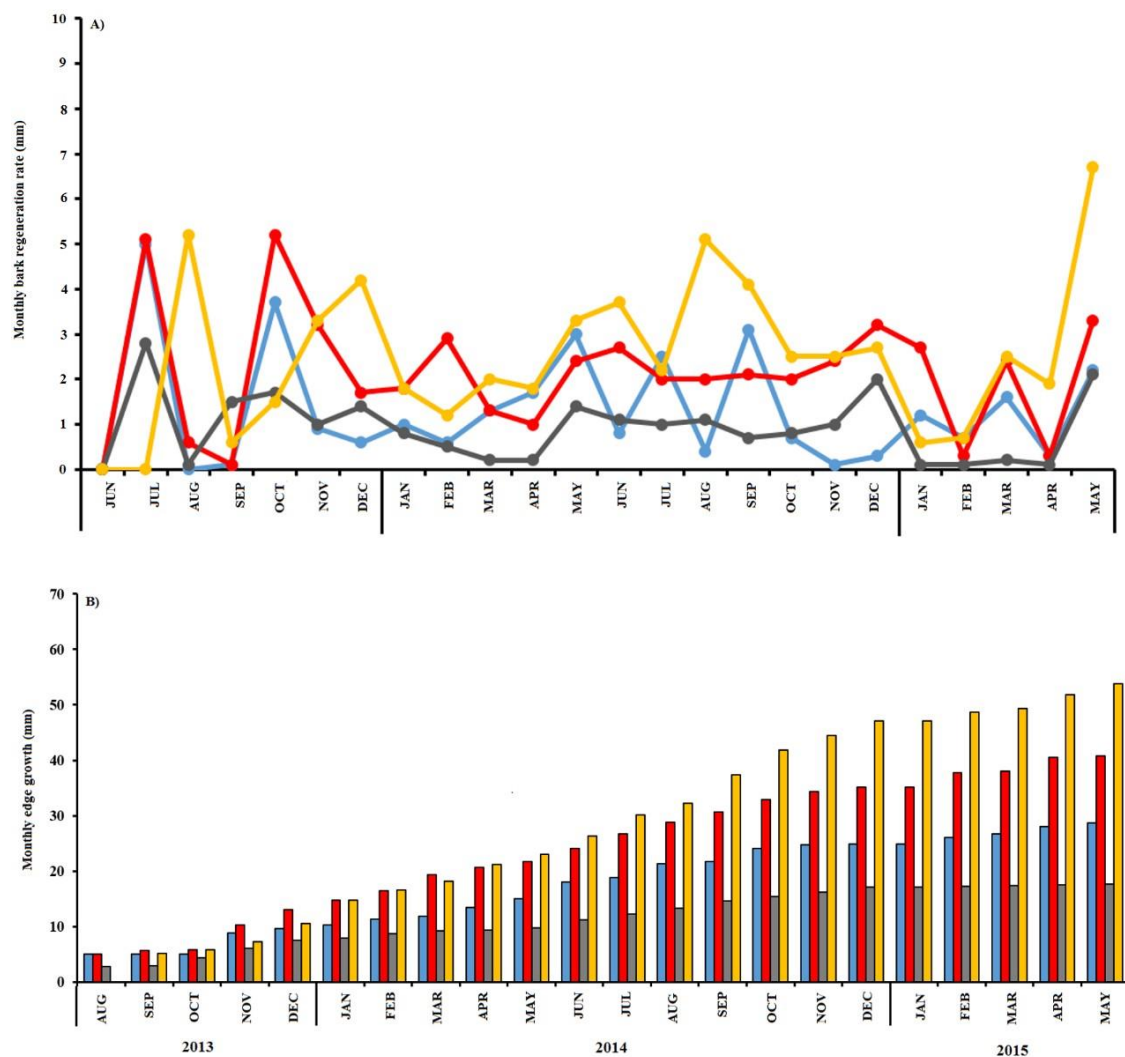


Figure 3. A: Monthly total bark regeneration rates; B: Monthly edge growth of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. Individuals on area 2. I (—●—, ■): 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (—●—, ■): 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>), III (—●—, ■): 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>), IV (—●—, ■): 10x5 cm (50 cm<sup>2</sup>).

When the bark regeneration rate and the monthly rainfall over the 24 months were included in the analysis, there was no significant correlation between the variables in the

area 1: 20 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.03$ ,  $P = 0.87$ ), 30 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.20$ ,  $P = 0.33$ ), 40 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.10$ ,  $P = 0.63$ ) and 50 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.07$ ,  $P = 0.73$ ); in the area 2: 20 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.10$ ,  $P = 0.62$ ), 30 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.90$ ,  $P = 0.67$ ), 40 cm<sup>2</sup> ( $r_s = -0.21$ ,  $P = 0.3$ ) and 50 cm<sup>2</sup> ( $r_s = 0.09$ ,  $P = 0.66$ ).

Thus, in the area 1, regeneration rates occurred independent of the rain volume in the month in question. This pattern was observed in all treatments. March of the first year of monitoring, presented the largest volume of rain. However, in that month individuals had regeneration rates similar to those months that presented no even a millimeter of rain (Fig. 4). In some cases, the regeneration rate within a class was even higher in the month that had zero rainfall, as it is the case of class 50 cm<sup>2</sup>.

In area 2, as well as in area 1, the rates of regeneration are not related to the volume of precipitation. In the month with the highest rainfall (467.9 mm), the four treatments presented very low levels of regenerated bark. On the other hand, three of the four treatments had one of its biggest regeneration values in the month that had only 14 mm of rainfall (Fig. 4).

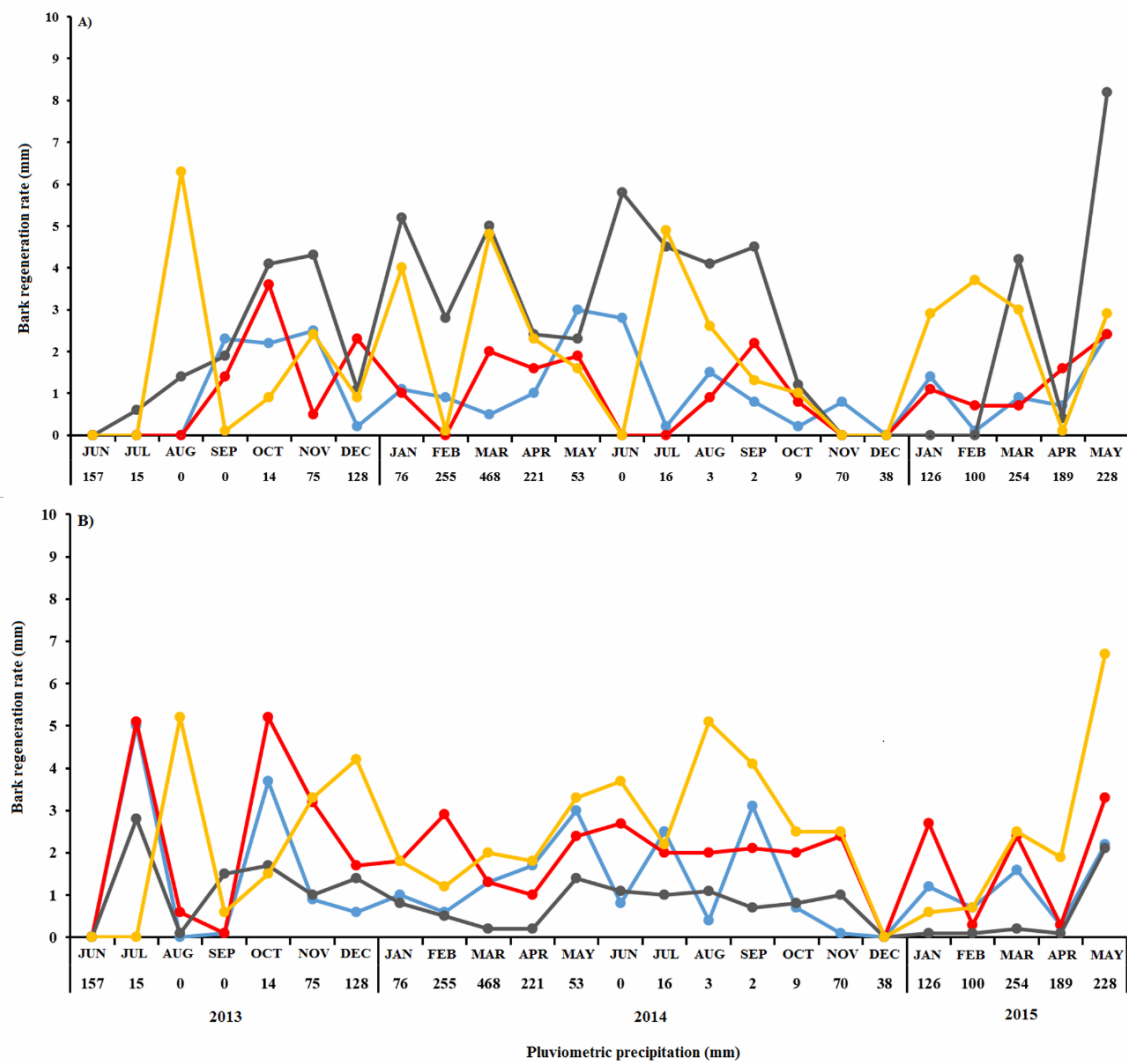


Figure 4. Monthly bark regeneration rates and its relation with the monthly precipitation in area 1 (A) and in area 2 (B). I (—●—): 10x2 cm (20 cm<sup>2</sup>), II (—●—): 6x5 cm (30cm<sup>2</sup>), III (—●—): 8x5 cm (40 cm<sup>2</sup>), IV (—●—): 10x5 cm (50 cm<sup>2</sup>).

## Discussion

Bark regeneration of *S. rotundifolium* Mart.

Our data indicate that trees regenerate faster their shells when the damage is more intense. The pattern of regeneration of the bark of *S. rotundifolium* occurs from the edges, which according to Baldauf and Santos (2014) is related to a pattern of more extensive and deep damage. In this type of pattern, there is the regeneration of living tissues throughout the edge of the extracted region, unlike other patterns in which regeneration starts in the center or along it (Mariot et al. 2014). This probably happens because in deeper damage there is no traces of living tissue for its central regeneration. Based on this pattern, it is

believed that the growth of the edge was higher in individuals present in the last classes in response to higher damage intensity, since these individuals have much larger areas to be recovered. These results are in disagreement with the results obtained by Baldauf and Santos (2014), which showed no difference between the different bark removal levels in individuals of *Himatantus drasticus* (Mart.) Plumel located in the same area of the present study. This disagreement is probably due to the types of tissues extracted in both studies. Although different intensities of collection were performed in *H. drasticus*, all were made externally, with the exclusive removal of the rhytidome in order to simulate the extraction performed by the extractivists of the region. The authors argue that the removal of this outer layer does not prevent the interruption of the nutrient flow. In the case of *S. rotundifolium* were extracted the rhytidome, bark (including phloem) and the cambium (remaining only the xylem), also simulating the collection practices in the same region. Unlike *H. drasticus*, the extraction in individuals of *S. rotundifolium* reaches inner layers, which affects their functioning since the phloematic tissues are removed. This difference in collection practices of both species is due to the type of associated medical use. The bark of *S. rotundifolium* is used for making tea and dye, while in *H. drasticus* the product used by the extractivists is the latex, which is obtained through removal of the rhytidome.

Other species also respond by regenerating their tissues faster when they are subjected to higher intensities of collection. *Myracrodruon urundeuva* Allemão is a medicinal species relatively resilient to their bark removal, recovering rapidly after the damage. In a study by Monteiro et al. (2011), it was observed differences in bark regeneration rates, observing that the major classes of damage were those that had better recovery rates of its individuals.

The absence of bark in individuals can leave them vulnerable to the actions of microorganisms, since its function is to protect individuals against such pathogens (Filizola and Sampaio 2015). Thus, it is believed that the high regeneration of bark when subjected to greater damage intensities is an urgent response to regenerate their tissues in order to protect them. In the bark, predominantly, there is the production of tannins that together are responsible for protecting the trees against the actions of microorganisms, already mentioned (Meira 2013).

Although it was observed that the classes with higher damage intensities had a higher rate of regeneration, in area 2, a class with lower collection intensity had higher

regeneration values. This is due to the individual variations within this class, and this fact caused the general values of the class to rise.

Throughout the experiment, it was observed the death of some individuals. There are several species with a great capacity to resist against damage. A study performed with *Stryphnodendron adstringens*, observed the death of several individuals after the removal of the bark (Borges Filho and Felfili 2003). In contrast, there are species that exhibit high resistance, such as the species already mentioned above *M. urundeuva* Allemão, which presents high tissue regeneration rates, having 100% of the bark regenerated in less than two years (see Monteiro et al. 2011). Another species that has a great recovery after the damage is *Prunus africana*, which because of this characteristic was studied by Cunningham and Mbenkum (1993) and from that study it was designed a sustainable harvesting plan for extractors in the African Region. This difference between species and even between individuals according to Schumann et al. (2010), is related to the tolerance of each to the collection vary according to their different stories of life and the environmental conditions that they experience. That is, within a plant population, individuals may respond differently to damage, by rapidly regenerating or by not resisting the damage.

#### Patterns of bark regeneration and precipitation

When assessing the bark regeneration between the four treatments during the 24 months, it was observed that individuals present in damage classes with higher intensities, have also been the first to initiate their tissues regeneration process. They were also those that at the end of the experiment had higher regenerated bark values. Nevertheless, none of the individuals present in the four treatments had 100% of regenerated bark. These data are contrary to those reported by Monteiro et al. (2011), who found that most of the *M. urundeuva* individuals in all classes, six months latter presented more than half of regenerated bark. It is believed that this difference in regeneration time between species is due to the ability of each to resist against different levels of damage and recover their tissues. According to Filizola and Sampaio (2015), some species regenerate faster than others, such as the aroeira-do-sertão (*M. urundeuva* Allemão) that after two years has all of regenerated bark, when it is removed a small area of 5 cm wide and 10 cm long. Conversely, the janaguba (*H. drasticus*) need 3 more years for the regeneration of its damaged tissues, since in this period less than half of the bark of individuals are

regenerated. Baldauf and Santos (2014), found that of the 120 individuals of *H. drasticus* damaged, none had fully regenerated its tissue after a period of three years.

The delay of individuals to react to the damage and the form of tissue growth may be a result of the patterns of collection in not manipulated situations. In most cases observed in the field, the extractivists collect the bark along with the inner bark where the nutrients transport tissues of the plant are located. Some species, such as *S. rotundifolium*, initiate their regeneration by forming calluses on the surface of the edges of the damaged area. Others regenerate over the entire laminar surface (Delvaux et al. 2013), such as *H. drasticus*. According to Baldauf and Santos (2014), this type of regeneration is the common pattern. In this type of growing, living tissues such as the vascular cambium, the phloem, grow from the edge towards the center.

Unlike the intensity of the damage, it was observed that precipitation was not related to the regeneration rate. A similar result was obtained by Monteiro et al. (2011), who also found no seasonal differences in bark regeneration of *M. urundeuva*. These results were contrary to those found in the literature, which indicate that rainfall along with the temperature are factors that influence on the bark regeneration (Biggs 1986, Baldauf and Santos 2014). Baldauf and Santos (2014) tested the effect of seasonality on the regenerative capacity of *H. drasticus* and observed that the rainy season favors the regeneration of bark of this species. *H. drasticus* presents a pattern of regeneration in which the bark regrows throughout the affected area, differently from the pattern observed in the species of the present study, which is characterized by the regeneration of the edges of the extracted part. Thus, it is believed that the fact that the seasonality is not related to the regeneration of individuals of *S. rotundifolium* is related to their pattern of regeneration, because according to Baldauf and Santos (2014) the rainy season seems to favor the species with laminar regeneration patterns, while the dry season favors the species with growth through their edges. Therefore, precipitation does not appear to be a limiting factor in regeneration of bark of *S. rotundifolium* individuals.

Suggestions for collection and sustainable use of the species *S. rotundifolium* Mart.

According to the data, *S. rotundifolium* is moderately tolerant to bark collection. Although some treatments have presented different rates of regeneration, what is observed is that at the end of the 24 months of monitoring, none of the individuals in the

two areas among the four treatments had 100% of their bark regenerated. This indicates that they require a longer time without collecting in order to have their bark collected again. Since the classes that had higher regeneration rates were those with higher damage intensities, it is important to test this variable "intensity" again in the future.

Like other species of the Cerrado, *S. rotundifolium* has a rough bark, with the presence of rhytidome in adult individuals that protects them against insect attack, mechanical shocks and even against the fire, which is common in the Cerrado (Martins and Nakagawa 2008). Thus, the extraction of the bark influence not only in the sap transportation processes, but leaves it vulnerable to various types of external agents. Due to the importance of this resource, especially for the function of protection against fire, it is important to suggest some measures for better collection and sustainability of the practice. Cunningham and Mbenkum (1993) observed that the species *Prunus africana* (Hook f.) Kalkman presented a great ability to resist against damage. Therefore, they proposed a sustainable collection, in which the extractors were allowed to remove bark ribbons on opposite sides of the plant always below the branches. In the case of the target species of this study, although it was not our aim to analyze the interference of flowering in the regeneration of bark collection, it is recommended to not remove bark of upper branches, in which the flowers will be arranged, since individuals can allocate resources for flowering instead of regeneration of the bark.

It is concluded that individuals of *S. rotundifolium* in this study responded faster to larger damages. That is, the bark regeneration rate was higher as the damage also increased, especially for the of 40 and 50 cm<sup>2</sup> classes. The bark regeneration pattern present in individuals is associated with a given type of damage. Rainfall does not favor the regeneration of *S. rotundifolium* bark, this is related to its regenerative pattern since small rain volumes favor individuals with patterns of growth by the edge. Considering the dimensions of bark extracted by the extractivists are generally much higher than those found here, no collection is recommended for a period of at least 36 months in individuals that have had bark extracted, so that they can fully recover from the damage. The findings of this study showed that species with a pattern of regeneration from the edges appear not to be influenced by rainfall and that is important for semi-arid species. Based on the information obtained, a management plan for *Stryphnodendron rotundifolium* Mart can be elaborated.

## Acknowledgments

We thank all the people from the Horizonte who contributed to this study; colleagues of the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-Ecological Systems (LEA) that contributed to the collection of data; CAPES for the scholarship Granted to IF; and CNPq, for the research productivity scholarship Granted to UPA and ELA; and we also thank the Science and Technology Funding Agency of the State of Pernambuco (Fundação de Amparo Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE) for the financial support (APQ-1264- 2.05/10).

## References

- Ardisson, L., Godoy, J. S., Ferreira, L. A. M., Stehmann, J. R., & Brandão, M. G. L. (2002). Preparação e caracterização de extratos glicólicos enriquecidos em taninos a partir das cascas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 12(1), 27-34.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L., & Santos, A. A. S. (2007). *BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá.
- Baldauf, C., & Santos, F. A. M. (2014). The effect of management systems and ecosystem types on bark regeneration in *Himatanthus drasticus* (Apocynaceae): recommendations for sustainable harvesting. *Environmental Monitoring Assessment*, 186, 349–359.
- Biggs, A. R. (1986). Phellogen Regeneration in Injured Peach Tree Bark. *Annals of Botany*, 57, 463-470.
- Borges, H. C., & Felfili, J. M. (2003). Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. *Revista Árvore*, 27(5), 735-745.
- Campos, L. Z. O., Albuquerque, U. P., Peroni, N., & Araújo, E. L. (2015) Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil?. *Journal of Arid Environments*, 115, 53-61.



- Campos, L. Z. O., Nascimento, A., Albuquerque, U., & Araújo, E. L. (2016). Criteria for Native Food Plant Collection in Northeastern Brazil. *Human Ecology*, doi 10.1007/s10745-016-9863-4.
- Cavalcanti, A. C., & Lopes, O. F. (1994). *Condições edafo-climáticas da chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 42p.
- Cavalcanti, M. C. B. T., Ramos, M. A., Araújo, E. L., & Albuquerque, U. P. (2015). Implications from the Use of Non-timber Forest Products on the Consumption of Wood as a Fuel Source in Human-Dominated Semiarid Landscapes. *Environmental Management*, 56, 389-401.
- Cavalcanti, M. C. B. T., Campos, L. Z. O., Sousa, R. S., & Albuquerque, U. P. (2015). Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm., Caryocaraceae) Oil Production: A strong economically influenced tradition in the Araripe region, northeastern Brazil. *Ethnobotany Research and Applications*, 14, 437-452.
- Costa, V. D. (1998). Conhecendo o Araripe: recursos hídricos. In: Projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável da APA-Chapada do Araripe e da Biorregião do Araripe. Crato: MMA/FUNDETEC 3, 618-715.
- Crepaldi, C. G., Campos, J. L. A., Albuquerque, U. P. & Sales, M. F. (2015). Richness and ethnobotany of the family Euphorbiaceae in a tropical semiarid landscape of Northeastern Brazil. *South African Journal of Botany*, 102, 157-165.
- Cunningham, A. B., & Mbenkum, F. T. (1993). Sustainability of harvesting *Prunus africana* bark in Cameroon. Paris, Unesco. *People and plants working paper 1*, 1-30.
- Delvaux, C., Sinsin, B., & Damme, P. V. (2010). Impact of season, stem diameter and intensity of debarking on survival and bark re-growth pattern of medicinal tree species, Benin, West, Africa. *Biological Conservation*, 143, 2664-2671.
- Delvaux, C., Sinsin, B., Damme, P. V., & Beeckman, H. (2013). Size of conducting phloem: The “key” factor recovery of 12 tropical medicinal tree species. *Flora*, 208, 111-117.
- Feitosa, I. S., Albuquerque, U. P., & Monteiro, J. M. M. (2014). Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. in a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10, 64.

- Ferreira Júnior, W. S., Siqueira, C. F. Q., & Albuquerque, U. P. (2012). Plant stem bark extractivism in the Northeast semi-arid region of Brazil: a new aport to utilitarian redundancy model. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, doi: 10.1155/2012/543207
- Filizola, B. C., & Sampaio, M. B. (2015). Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável de Cascas. Brasília: Instituto, Sociedade, População e Natureza, 108 p. Fundação Cearense de Metereologia e Recursos hídricos (FUNCEME). Disponível em <<http://www.funceme.br/> accessed in 10/08/2016.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). (2005). Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. 312p. Crato.
- Lima, M. F. (1983). *Mapeamento e demarcação da floresta nacional do Araripe*. Fortaleza: IBDF/FCPC/UFC, 30p.
- Lozano, A., Araújo, E. L., Medeiros, M. F., & Albuquerque, U. P. (2014). The apparency hypothesis applied to a local pharmacopoeia in the Brazilian northeast. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10, 2.
- Macedo, F. M., Martins, G. T., Rodrigues, C. G., & Oliveira, D. (2007). A Triagem fitoquímica do Barbatimão [*Stryphnodendron adstrigens* (Mart) Coville]. *Revista Brasileira de Biociências*, 5, 1166-1168.
- Mariot, A. (2008). Fundamentos para o manejo de populações naturais de *Drimys brasiliensis* Miers-Winteraceae. Florianópolis: Federal University of Santa Catarina.
- Mariot, A., Mantovani, A., & Reis, M. S. (2014). Bark harvesting systems of *Drimys brasiliensis* Miers in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1315-1326.
- Martins, C. C., & Nakagawa, J. (2008). Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstrigens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência. *Revista Árvore*, 32(6), 1059-1067.
- Meira, M. R., Cabacinha, C. D., Figueiredo, L. S., & Martins, E.R. (2013). Barbatimão: Ecologia, Produção de Tanino e Potencial Sócio Econômico na Região Norte Mineira. *Enciclopédia Biosfera, Centro de Científico Conhecer*, 9(16), 466-494.
- Monteiro, J. M., Lins Neto, E. M. F., Araújo, E. L., Amorim L. C., & Albuquerque, U. P. (2011). Bark regeneration and tannin content in *Myracrodruon urundeuva* Allemão

- after simulation of extractive damages-implications to management. *Environmental Monitoring Assessment*, 180, 31-39.
- Monteiro, J. M., Albuquerque, U. P., Araújo, E. L., & Amorim, E. L. C. (2005). Taninos: Uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, 28(5), 892-896.
- Peters, C. M. (1994). *Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: an ecological primer*. Biodiversity Support Program, Washington, DC.
- Reinaldo, R. C. P. S., Santiago, A. C. P., Medeiros, P. M., & Albuquerque, U. P. (2015). Do ferns and lycophytes function as medicinal plants? A study of their low representation in traditional pharmacopoeias. *Journal of Ethnopharmacology*, 175, 39-47.
- Sanches, A. C. C., Lopes, G. C., Nakamura, C. V., Dias Filho, B. P., & Mello, J. C. P. (2005). Antioxidant antifungal activities of extracts and condensed tannins from *Stryphnondendron obovatum* Benth. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 41(1), 101-107.
- Silva Neto, B. C., Nascimento, A. L. B., Schiel, N., Nóbrega Alves, R. R., Souto, A., & Albuquerque, U. P. (2016). Assessment of the hunting of mammals using local ecological knowledge: an example from the Brazilian semiarid region. *Environment, Development and Sustainability*, doi: 10.1007/s10668-016-9827-2.
- Silva, J. S., El-deir, A. C. A., Moura, G. J. B., Alves, R. R. N., & Albuquerque, U. P. (2014). Traditional Ecological Knowledge About Dietary and Reproductive Characteristics of *Tupinambis merianae* and *Hoplias malabaricus* in Semiarid Northeastern Brazil. *Human Ecology*, 46, 901-911.
- Silva, R. R. V., Gomes, L. J., & Albuquerque, U. P. (2015). Plant extractivism in light of game theory: a case study in northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 1-7.
- Silva, R. R. V., Gomes, L. J., & Albuquerque, U. P. (2017). What are the socioeconomic implications of the value chain of biodiversity products? A case study in Northeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 64.
- Silva, T. C., Peroni, N., Medeiros, M. F. T., Albuquerque, U. P. (2016). Folk classification as evidence of transformed landscapes and adaptative strategies: a case study in the semiarid region of northeastern Brazil. *Landscape Research*, doi: 10.1080/01426397.2016.1258047

- Scalon, V. R. (2016) *Stryphnodendron* in lista de espécies da Flora do Brasil. Jardim botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.ibri.gov.br/2010/FB083734>). Accessed in 11/08/2016.
- Shahabuddin, G., & Prasad, S. (2004). Assessing Ecological Sustainability of Non-Timber Forest Produce Extraction: The Indian Scenario. *Conservation & Society*, 2(2), 235-250.
- Sousa Júnior, J. R., Collevatti, R. R., Lins Neto, E. M. F., Peroni, N., & Albuquerque, U. P. (2016). Traditional management affects the phenotypic diversity of fruits with economic and cultural importance in the Brazilian savanna. *Agroforestry systems*, doi: 10.1007/s10457-0005-1.
- Sousa Júnior, J. R., Albuquerque, U. P., & Peroni, N. (2013). Traditional knowledge and management of *Caryocar coriaceum* Wittm. (Pequi) in the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. *Economic Botany*, 6(3): 225-233.
- Souza, T. M., Severi, J. A. Silva, V. Y. A., Santos, E., & Pietro, R. C. L. R. (2007). Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Stryphnodendron adstrigens* (Mart.) Coville (Leguminosae-Mimosoidae). *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 28(2), 221-226.
- Toniolo, E. R., & Kazmierczak, M. L. *Mapeamento dos incêndios florestais ocorridos no ano de 1998 na Floresta Nacional do Araripe: relatório técnico*. Fortaleza: Projeto PNUD/IBAMA/BRA/93/033. mimeo. p.08.
- Zardo, R. N. (2008). *Efeito do impacto da extração do pequi (Caryocar brasiliense) no cerrado do Brasil central*. Master Science Dissertation, University of Brasília, Brazil, 50p.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas dessa tese buscaram trazer informações para subsidiar a conservação e manejo sustentável de uma espécie amplamente conhecida e bastante explorada em uma Unidade de Conservação no semi-árido Nordeste. Dessa forma, usou-se a teoria do forrageamento ótimo para compreender se o comportamento dos extratores se enquadram nas premissas previstas pelo modelo clássico. Com isso buscou-se obter informações sobre as estratégias adotadas na seleção de áreas e coleta do recurso alvo. Buscamos trazer informações sobre a influência dos impactos da coleta na velocidade da regeneração desse recurso. Essas duas propostas se complementam, uma vez que é importante tanto se conhecer o processo de forrageamento do recurso por parte dos extratores, bem como observar como esse recurso se restabelece a fim de ser explorado novamente, sem que haja prejuízos aos mesmos.

No Capítulo um o que se observou na coleta de casca de *S. rotundifolium* Mart. é que os extratores adotam a estratégia de minimizadores de tempo. Os extratores têm uma demanda pré-definida e com base nela eles precisam extrair os recursos. Independente da disponibilidade do recurso no ambiente eles precisam coletar uma determinada quantidade. Se coletarem em excesso, não terão para quem vender, já que não existe comércio suficiente para suprir essa demanda. Adotando minimizar o tempo ou maximizar a energia, o importante é que ao fim do processo se obtenha um saldo positivo no recurso que é coletado. A exploração de casca da espécie atualmente é proibida. Essa proibição é baseada principalmente por falta de informação sobre o processo de coleta, quantidade de recurso explorado, e tempo em que o recurso leva para regenerar. A restrição da coleta é um fator que tem influenciado nas decisões dos forrageadores, pois o risco determina o tipo de comportamento que vai ser adotado pelos mesmos.

No segundo capítulo o que observamos é que a intensidade do dano influencia na velocidade da regeneração. A medida que a intensidade de coleta é maior, também são maiores as taxas de velocidade de regeneração. Ao longo de dois anos, apesar dos indivíduos que sofreram maiores intensidades de dano tivessem maiores áreas para regenerarem, nenhum dos indivíduos regenerou totalmente suas cascas.

Essa tese apresenta contribuições teóricas, metodológicas e aplicadas para a ciência, relacionado ao estudo dos processos de coleta de produtos florestais não-madeireiros. Ao responder as questões propostas, podemos compreender mais acerca do comportamento

dos forrageadores atuais em ambientes em que a coleta é realizada no contexto de uso comum. Utilizando assim os modelos clássicos para saber se os contextos atuais, os quais exibem variáveis diferentes, se adequam a eles ou não. Trouxemos também informações sobre o tempo de regeneração dos recursos e os fatores que influenciam nesse processo, informações essas que ainda são muito escassas, mas que tem grande importância para o entendimento de como se dá o processo de regeneração de casca de espécies que sofrem intensos danos. Além disso trouxemos metodologias já existentes para outras propostas para entender o comportamento de forrageadores humanos na coleta de casca, bem como outras metodologias ainda pouco utilizadas para verificar a influência dos danos na velocidade de regeneração de casca. As informações adquiridas nos dois capítulos em conjunto, podem ser utilizadas como direcionamento para a elaboração de orientações sobre a coleta de casca de *S. rotundifolium* Mart.

Informações acerca das estratégias que os extratores utilizam durante o processo de forrageamento, bem como referentes a regeneração de recursos intensamente explorados ainda são muito escassas. Principalmente ao que se refere ao limite de recursos que podem ser coletados nos indivíduos de *S. rotundifolium* Mart. Muitos são os motivos para essa escassez de informações, sendo eles na sua maior parte de ordem logística. Estudos que visam avaliar o tempo de regeneração de um recurso, leva um tempo considerável de acompanhamento mensal ou semestral, dependendo da metodologia adotada. O que por diversas vezes se tornar um empecilho para muitos pesquisadores. Outro motivo seria os entraves éticos de pesquisa. Para um estudo que se tem como objetivo avaliar um limite máximo de coleta, muitos indivíduos deveriam ser utilizados, o que muitas vezes poderia ser mal visto de forma positiva pelos pesquisadores. Ao que se refere ao forrageamento dos extratores, o estudo se limita a inferir sobre as estratégias previstas pelo modelo de forrageamento central, o que não diz que o comportamento dos extratores não se enquadre a outros modelos presentes na Teoria do forrageamento ótimo.

Dessa forma, sugere-se que estudos futuros que tragam essas informações adicionais que faltam nos dois eixos dessa tese possam vir, afim de preencher as lacunas que ainda estão presentes no entendimento das diversas questões que envolve o processo de coleta. Que vai desde o momento da escolha dos parâmetros a seguir na exploração do recurso até o ultimo, que é o restabelecimento do recurso.

## ANEXOS

### **Anexo I - Normas para publicação da revista *Behavioral Ecology***

#### Manuscript Preparation

Authors should refer to the guidelines below when preparing their manuscript or it may be returned to them for correction. Editors initially evaluate the general suitability of submitted manuscripts, and submissions may be rejected without benefit of external review. All published manuscripts will have been reviewed by the Editor-in-Chief, one of the Handling Editors and at least two outside reviewers. Authors may suggest the names of potential referees and also indicate those who may have a potential conflict of interest. *Behavioral Ecology* adheres to a policy of double blind reviewing, in which the identity of the authors is, as much as possible, kept from reviewers, whilst reviewers' names are kept confidential. Authors are therefore encouraged to avoid explicit disclosure of their identity in the text of their manuscript, as for example, by use of a header. In some cases the Editor may decide that direct discussion between author and reviewer would be helpful, but names are never disclosed without explicit permission from both parties. The online system will require you to submit at least two files: one (the "Complete Anonymous Text") will contain a version of your manuscript that is suitable for review, and the other will contain the full cover page and acknowledgments. Once your submission is complete, the files will be available for the editorial office to examine. If everything is in order, the Editor-in-Chief will assign the manuscript to an Editor for handling. The Editor will request reviews and make the decision on your manuscript. Please feel free to note any possible conflicts of interest with any of the Editors or with possible reviewers in the spaces provided during the submission process. Appeals on decisions should be directed to the Editor-in-Chief.

#### Complete Anonymous Text

You will be asked to submit a file containing the text of your manuscript. Do not include the authors' names on the title/abstract page or in headers of the text file. On the Web site, you will be asked to identify the "designation" of this file and whether or not it is for review. The manuscript text file should be denoted as "Complete Anonymous Text" and "Yes" for review.

The file containing the Complete Anonymous Text should be formatted to fit on 8.5" x 11" (22 cm x 28 cm) paper (A4 is also acceptable), with margins on all four sides of at least 1.25" (30 mm). Double-space the text throughout and assemble the sections as follows:

Lay summary

Title and abstract

Text

References

Figure legends

Tables and table legends

Figures

Number the pages consecutively and use continuous line numbering. Several file formats are acceptable; please consult instructions at the Web site for details. Authors must upload figures as separate files using instructions available at the Web site.

#### *Title/abstract*

The first page should include a title (concise but informative; ideally no more than 100 characters), an abbreviated title for use in the running header, and the abstract. The abstract should be a single paragraph of not more than 250 words that is complete without reference to the text. Do not use acronyms or complex abbreviations. Key words for indexing should be listed at the end of the abstract. In addition to the abstract, a Lay Summary is required. Authors should read carefully the full instructions regarding Lay Summaries given below.

#### *Text*

Beginning on a separate page, the text should be clear, readable, and concise. The first-person active voice is preferable to the impersonal passive voice. Use line numbers. Do not use footnotes. American spelling should be used throughout, except in quotations and references. Reserve the use of underlining and italics for scientific species or gene names and the symbols for variables and constants. The methods section should be detailed enough to allow referees to answer some or all of the following questions, as appropriate: (1) is the study experimental or observational? (2) are the methods described in sufficient detail so that the study can be replicated? (3) does the experimental design exclude the possibility of observer and experimenter bias (e.g., by double blind protocol)? (4) does the experimental procedure potentially produce artifacts? (5) are sample sizes clearly indicated? (6) are appropriate conclusions drawn from non-significant results and are confidence intervals for effect sizes presented when results are non-significant?

#### *References*

As of issue 17(4), *Behavioral Ecology* follows the name-year citation style from *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers* (7th ed.) for style.

All works included in the reference section should be referred to in the text. Citations should be typed alphabetically on a separate sheet, double-spaced and unnumbered. They



should be referred to in the text by the name of the first author followed by 'et al.', followed by the year of publication in parentheses: (Able et al. 2000) or Able et al.(2000). If there are only two authors please list both, i.e. Able and Cabbott 2000. The order for references within parentheses in the text should be chronological and then alphabetical. For works by the exact same author(s) in the same year, append a lowercase a, b, c, etc. to the year of publication. If the works differ slightly in names, provide enough surnames to distinguish the one group from the other. The reference list should conform to the following styles:

*Journal* *article*  
 Author AB, Author CD, Author EF. 2001a. Title of article. J Hered. 60:128-132.

*Paper* *in* *a* *conference* *proceedings*  
 Author AB, editor. 2001b. Article title. Name of conference; YYYY MMM DD-DD;  
 location. City, State or Country of publication: Publisher's name. p. 137-180.

*Book*  
 Author GH, Author IJ. 1999a. Title of book. City, State or Country of publication:  
 Publisher's name.

*Chapter in a book*

Author GH, Author IJ. 1999b. Title of a chapter: a subtitle. In: Able MN, Baker OP,  
 editors. Title of book. 2nd ed. City, State or Country of publication: Publisher's name. p.  
 200-235.

Only published material or material accepted for publication should be listed in the references; personal communications, unpublished data, manuscripts in preparation, etc., should be incorporated in the text in parentheses with the initials surname of the source, e.g., (OP Able, personal communication).

*Tables*

Tables should be typed double-spaced, each on a separate page, and numbered using Arabic numerals; do not use vertical rules and use only those horizontal rules absolutely necessary for clarity. Table titles should be concise. Explanatory material, notes on measurements, and other general information that applies to the whole table should be included as the first, unnumbered footnote and not in the table title. Consult a recent issue for the journal's table style.

*Figure legends*

Figure legends should be typed together on a separate sheet within the manuscript. All figures must be referred to in the text and should be accompanied by a legend that incorporates any necessary explanatory material. Figure legends should be as concise as possible.

## *Figures*

Number all line drawings, photographs, or diagrams consecutively with Arabic numerals. Figure legends should be typed together on a separate sheet. All figures should fit comfortably into one of the following sizes: 85 mm, 129 mm or 177 mm wide by up to 238 mm deep.

*Use of color.* We encourage authors to produce all of their figures in color to enhance the online HTML and pdf versions of their articles. However, colors should be adopted that will reproduce with clarity in grayscale in the printed version of the journal. At the discretion of the Editor, one color figure will be provided in the print version of the journal free of charge, provided that color improves on the information content of the figure. Authors will be charged £350/US\$600/EUR525 for print reproduction of each additional color figure in their article. (Orders from the UK will be subject to the current UK VAT charge. For orders from elsewhere in the EU you or your institution should account for VAT by way of a reverse charge. Please provide us with your or your institution's VAT number.) Color figures must have a resolution of at least 300 dots per inch at their final size.

*Drawings and graphs.* All figures should be submitted in electronic format. Place labels parallel to the axes. Use italic type only to identify variables, constants, and scientific names of genes or species. Typewritten and hand-lettered charts and graphs will not be accepted. Although they may be prepared and submitted larger than final size, identifying lettering should be sized so that they will be 12 point in their final reduced format. All labeling of figures should use Ariel font and be in black. Figures considered unsuitable for publication because of poor letter quality, broken type, etc., will be returned to the author for correction. Composite figures should be submitted in their final, combined form, with all parts labeled appropriately. All figures, drawings, and graphs should be prepared with the intent of carrying the most information and the least extraneous detail. The editors encourage authors to consult the series of books by E. Tufte as guides in preparation of figures, drawings, and graphs. Line drawings must have a resolution of at least 1200 dots per inch at their final size.

*Photographs.* To reproduce well, photographs should be sharp, with good contrast between light and dark areas. Photographs making up a composite illustration should be mounted on a lightweight mounting board in the desired configuration. Do not leave any space between the individual prints making up a composite illustration. The printer will insert a fine line to separate the images. These photographs must have a resolution of at least 300 dots per inch at their final size.

## Cover page and acknowledgments

In a separate file, please submit a full cover page with the title and the authors' names and affiliations followed by a page with the full acknowledgments. On the Web site, please

designate this file as "Cover and Acknowledgments" and answer "no" when asked if it is for review.

### *Cover page*

The cover page should include the title (concise but informative); the full names of all authors (first and last) as they wish them to appear in print; the authors' institutional affiliations; the name, address, telephone number, and e-mail address of the author responsible for receiving proofs, correspondence, and reprint requests; and the current address of any author(s) whose institutional affiliation has changed since the work reported was performed.

Authors should include a short title for use in the running titles.

### *Crossref Funding Data Registry*

In order to meet your funding requirements authors are required to name their funding sources, or state if there are none, during the submission process. For further information on this process or to find out more about the CHORUS initiative please click [here](#).

Details of all funding sources for the work in question should be given in a separate section entitled 'Funding'. This should appear before the 'Acknowledgements' section. The following rules should be followed:

The sentence should begin: 'This work was supported by ...'

The full official funding agency name should be given, i.e. 'the National Cancer Institute at the National Institutes of Health' or simply 'National Institutes of Health' not 'NCI' (one of the 27 sub-institutions) or 'NCI at NIH' ([full RIN-approved list of UK funding agencies](#))

Grant numbers should be complete and accurate and provided in parentheses as follows: '(grant number ABX CDXXXXXX)'

Multiple grant numbers should be separated by a comma as follows: '(grant numbers ABX CDXXXXXX, EFX GHXXXXXX)'

Agencies should be separated by a semi-colon (plus 'and' before the last funding agency)

Where individuals need to be specified for certain sources of funding the following text should be added after the relevant agency or grant number 'to [author initials]'

An example is given here: 'This work was supported by the National Institutes of Health (P50 CA098252 and CA118790 to R.B.S.R.) and the Alcohol & Education Research Council (HFY GR6689)

Oxford Journals will deposit all NIH-funded articles in PubMed Central.

See [https://www.oxfordjournals.org/for\\_authors/repositories.html](https://www.oxfordjournals.org/for_authors/repositories.html) for details. Authors must ensure that manuscripts are clearly indicated as NIH-funded using the guidelines above.

#### *Acknowledgments*

On a separate page list any acknowledgments, sources of support, grants, disclaimers, etc. All individuals acknowledged should be aware of the fact and agree to inclusion.

#### *Data Accessibility Statement*

After the acknowledgments provide the data accessibility statement as described under Data Archiving.

### LAY SUMMARY GUIDELINES

#### *Purpose*

The International Society for Behavioral Ecology has undertaken to provide a Lay Summary of each paper published in *Behavioral Ecology*. The Lay Summary will appear on the Table of Contents on the journal's Web site. The purpose of a Lay Summary is to interpret the context and significance of our published papers in a manner intelligible to interested nonspecialists, thereby increasing the accessibility of our research work to the public at large, and to organizations and individuals whose main function may not be research, but who may nonetheless be interested in research findings.

#### *Guidelines for authors*

A Lay Summary is a short (max. 75 word) statement that, in nontechnical language, provides a view of the paper from the perspective of the broad questions of the field, summarizes briefly the current state of knowledge – emphasizing what is not known or understood – and explains the contribution of the paper. The first 140 characters of the Lay Summary should convey the most important and novel message, and function as a "Tweet". A Lay Summary is not a "dumbed down" version of the Abstract of your paper: its aims are rather different. Nor is a Lay Summary specifically about potential or real applications of the results (unless these were the topic of the paper). The Abstract of your paper emphasizes the findings for other specialists who know the history of the field and the context of your questions, who will understand and be interested in details of your methodology, and who will be able to evaluate for themselves the significance of your results. Most of the readership of a Lay Summary will not be in this category.

Assume that the reader of your Lay Summary is an intelligent and interested person who may know something about behavioral ecology, but may not know terms such as EPC, MVT, altricial, phylogeny, or mini-satellite. Therefore, avoid technical language and jargon. Many readers of the Lay Summary have not been schooled in the history of the discipline, so provide the necessary background, focusing on generalities rather than

specifics. Generally, details of the methods are of little importance. Summarize succinctly what the paper contributed.

#### *Format and process*

The Lay Summary is published on the journal's website where nonspecialists generally have best access. It will be requested as part of the online submission process, and should be provided within the complete anonymous text.

#### *Sample Lay Summaries*

Based on Broom M and Ruxton GD, 2005. You can run—or you can hide: optimal strategies for cryptic prey against pursuit predators. *Behav Ecol* 16:534–540:

Nature favours a "run or hide" strategy in response to predation. Using a theoretical approach, we show that the optimal strategy for prey is either to run as soon as they detect a predator approaching or to only flee in response to having been detected by the predator. A predator moving away from prey should attack immediately on discovering the prey; but one moving towards prey, should delay its attack until it reaches its closest point.

Based on McDonald PG, Olsen PD, and Cockburn A, 2005. Sex allocation and nestling survival in a dimorphic raptor: does size matter? *Behav Ecol* 16:922–930:

If you're the runt of the litter, it's better to be the boy. In brown falcons parents feed sons and daughters equally, but the smallest chicks are fed much less than their brood mates. Small sons can survive with less food while daughters perish. Parents benefit from their feeding strategies because while small sons can inherit breeding territories, small daughters cannot and contribute little to parental fitness.

#### SUPPLEMENTARY DATA

Supplementary material can be submitted at the same time as the manuscript. Supplementary material will be subject to full peer review along with the manuscript. Only material that cannot otherwise be presented within the main article can be accepted, for example sound or video files, or large tables of unprocessed data. Materials that are essential for evaluating the methods, results, and conclusions drawn must be presented within the main article. The acceptance of supplementary material will be at the discretion of the Editor. Please indicate clearly the material intended as supplementary data upon submission. Also ensure that the supplementary data is referred to in the main manuscript at an appropriate point in the text. It must be supplied to the production department with the article for publication, not at a later date. It cannot be altered or replaced after the paper has been accepted for publication. Files for supplementary data should be clearly marked as such and be accompanied by a summary of the file names and types.

Please note that supplementary data will not be copyedited, so ensure that it is clearly and succinctly presented, and that the style of terms conforms with the rest of the paper. A

maximum of 5 files is acceptable to make up the supplementary data unit for an article. The maximum size per file should not exceed 2 MB.

#### ELECTRONIC HANDLING OF ACCEPTED MANUSCRIPTS

Once a manuscript has been accepted for publication, authors will be provided with instructions on preparing a file to be uploaded on the Web site and then made accessible to the publisher. This file will contain the full, non-anonymous text (including cover page and acknowledgments). A variety of formats are possible, but authors should consult the detailed instructions at the Web site.

The final copy of the manuscript file should be prepared accurately, consistently, and simply, avoiding the use of special fonts or elaborate formatting for aesthetics. Paragraphs should be formatted the same way throughout. The lowercase "ell" (l) and the numeral one (1), and the capital "oh" (O) and the numeral zero (0), should be used correctly, not interchangeably; the lowercase "oh" should not be used as a subscript zero. Greek symbols, diacritical marks, italics, superscripts, and subscripts should be typed in the electronic file using software features as much as possible. When a special character cannot be typed in the file, it should be represented by an available character that is not otherwise used, and authors should provide a translation key to those characters in the cover letter. If accents or other unusual characters must be drawn in on the manuscript, they should be highlighted and listed in an accompanying note.

#### COVER ILLUSTRATION SUBMISSIONS

An illustration is featured on the cover of each issue, the cost of which is borne by the journal. Authors of accepted manuscripts are encouraged to submit high-quality (above 400 dots per inch) photographs for possible use as a cover illustration. Photos must be submitted in color. Provide a brief caption and include a credit for the author.

#### COPYRIGHT

It is a condition of publication in the journal that authors grant an exclusive license to the International Society for Behavioral Ecology. This ensures that requests from third parties to reproduce articles are handled efficiently and consistently and will also allow the article to be as widely disseminated as possible. As part of the license agreement, authors may use their own material in other publications provided that the journal is acknowledged as the original place of publication, and Oxford University Press is notified in writing and in advance.

Upon receipt of accepted manuscripts at Oxford University Press authors will be invited to complete an online copyright licence to publish form.

Please note that by submitting an article for publication you confirm that you are the corresponding/submitting author and that Oxford University Press ("OUP") may retain your email address for the purpose of communicating with you about the article. You agree to notify OUP immediately if your details change. If your article is accepted for publication OUP will contact you using the email address you have used in the registration process. Please note that OUP does not retain copies of rejected articles.

#### OPEN ACCESS OPTION FOR AUTHORS

*Behavioral Ecology* authors have the option to publish their paper under the Oxford Open initiative; whereby, for a charge, their paper will be made freely available online immediately upon publication. After your manuscript is accepted the corresponding author will be required to accept a mandatory licence to publish agreement. As part of the licensing process you will be asked to indicate whether or not you wish to pay for Open Access. If you do not select the Open Access option, your paper will be published with standard subscription-based access and you will not be charged.

Oxford Open articles are published under Creative Commons licences. Authors publishing in *Behavioral Ecology* can use the following Creative Commons licences for their articles:

- Creative Commons Attribution licence (CC BY)

Please click [here](#) for more information about the Creative Commons licences.

#### Charges Information

You can pay Open Access charges using our Author Services site. This will enable you to pay online with a credit/debit card, or request an invoice by email or post. The open access charges applicable are:

Regular charge	-	£1850/	\$3000	/	€2450	
Reduced Rate Developing country charge*	-	£925	/	\$1500	/	€1225
Free Developing country charge*	-	£0	/	\$0	/	€0

\*Visit our [Developing Countries](#) page for a list of qualifying countries

Please note that invited reviews and commentaries are made free to view, so no Open Access option is necessary for authors of these papers.

#### AUTHOR SELF-ARCHIVING/PUBLIC ACCESS POLICY FROM JANUARY 2006

For information about this journal's policy, please visit our [Author Self-Archiving policy page](#).

#### OFFPRINTS AND DIGITAL PROMOTION

The journal will provide authors with a URL for free access to the published version of the article.

Authors are urged to order offprints prior to publication to cover anticipated needs; reordering after the issue has been published is considerably more expensive. Offprints are ordered in increments of 50 by using the Oxford Journals Author Services site.

Authors are urged to promote their published articles through social media. Authors can post on the Behavioral Ecology [Facebook](#) page or post a tweet on the behavioral ecology twitter feed [@BehavEcol](#).

Watch our video on '[How to Promote Your Articles](#)'.

#### CONFLICT OF INTEREST

At the point of submission, *Behavioral Ecology*'s policy requires that each author reveal any financial interests or connections, direct or indirect, or other situations that might raise the question of bias in the work reported or the conclusions, implications, or opinions stated - including pertinent commercial or other sources of funding for the individual author(s) or for the associated department(s) or organization(s), personal relationships, or direct academic competition. When considering whether you should declare a conflicting interest or connection please consider the conflict of interest test: Is there any arrangement that would embarrass you or any of your co-authors if it was to emerge after publication and you had not declared it?

As an integral part of the online submission process, Corresponding Authors are required to confirm whether they or their co-authors have any conflicts of interest to declare, and to provide details of these. If the Corresponding Author is unable to confirm this information on behalf of all co-authors, the authors in question will then be required to submit a completed [Conflict of Interest form](#) to the Editorial Office. It is the Corresponding Author's responsibility to ensure that all authors adhere to this policy.

If the manuscript is published, Conflict of Interest information will be communicated in a statement in the published paper.

Please find the [Conflict of Interest form](#) attached.

#### PERMISSIONS FOR ILLUSTRATIONS AND FIGURES

Permission to reproduce copyright material, for print and online publication in perpetuity, must be cleared and if necessary paid for by the author; this includes applications and payments to DACS, ARS, and similar licensing agencies where appropriate. Evidence in writing that such permissions have been secured from the rights-holder must be made available to the editors. It is also the author's responsibility to include acknowledgements as stipulated by the particular institutions. Oxford University Press can offer information



and documentation to assist authors in securing print and online permissions: please see the Guidelines for Authors section. Information on permissions contacts for a number of main galleries and museums can also be provided. Should you require copies of this, please contact the editorial office of the journal in question or the Oxford Journals Rights department.

## **Anexo II - Normas para publicação da Environmental Monitoring and Assessment**

### Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

### Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

### Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author

If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

### Keywords

### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

[LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

### Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

### Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

- All manuscript files should be formatted to contain line numbers.
- Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a special sense.

Level one headers: typed in bold, lowercase except for first letter of first word, left justified, followed by one blank line

Level two headers: typed in normal font, lowercase except for first letter of first word, left justified, followed by one blank line

Do NOT number headings and subheadings.

#### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

#### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

#### Journal article

Harris, M., Karper, E., Stacks, G., Hoffman, D., DeNiro, R., Cruz, P., et al. (2001). Writing labs and the Hollywood connection. *Journal of Film Writing*, 44(3), 213–245.

#### Article by DOI

Slifka, M. K., & Whitton, J. L. (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Journal of Molecular Medicine*, doi:10.1007/s001090000086

## Book

### Book chapter

O'Neil, J. M., & Egan, J. (1992). Men's and women's gender role journeys: Metaphor for healing, transition, and transformation. In B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle* (pp. 107–123). New York: Springer.

### Online document

Abou-Allaban, Y., Dell, M. L., Greenberg, W., Lomax, J., Peteet, J., Torres, M., & Cowell, V. (2006). Religious/spiritual commitments and psychiatric practice. Resource document. American Psychiatric Association. [http://www.psych.org/edu/other\\_res/lib\\_archives/archives/200604.pdf](http://www.psych.org/edu/other_res/lib_archives/archives/200604.pdf). Accessed 25 June 2007.

Journal names and book titles should be italicized.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

### EndNote style (zip, 3 kB)

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

### Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.

### Color Art

Color art is free of charge for online publication.

If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted

to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.

Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

### Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,

"A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

### Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### Figure Placement and Size

Figures should be submitted separately from the text, if possible.

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

### Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

### Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

### Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

#### Audio, Video, and Animations

Aspect ratio: 16:9 or 4:3

Maximum file size: 25 GB

Minimum video duration: 1 sec

Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

#### Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

A collection of figures may also be combined in a PDF file.

#### Spreadsheets

Spreadsheets should be submitted as .csv or .xls files (MS Excel).

If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

#### Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

#### Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

#### Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

#### Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

#### Processing of supplementary files

Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

#### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

#### English Language Editing

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.

Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.

Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts.

Authorship credit should be based on:

1) substantial contributions to conception and design, acquisition of data, or analysis and interpretation of data;

AND

2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content;

AND



3) final approval of the version to be submitted for publication.

All of these conditions should be met by all authors.

Acquisition of funding, collection of data, or general supervision of the research group alone does not constitute authorship.

All contributors who do not meet the criteria for authorship should be listed in an acknowledgments section.

All authors must agree on the sequence of authors listed before submitting the article.

All authors must agree to designate one author as the corresponding author for the submission. It is the responsibility of the corresponding author to dialogue with the co-authors during the peer-reviewing and proofing stages and to also act on their behalf.

If the article is accepted for publication, after acceptance, no changes in authorship, the order of authors, or designation of the corresponding author will be permitted.

#### Ethical Responsibilities of Authors

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.

The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).

A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).

No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions

No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

**Important note:** the journal may use software to screen for plagiarism.

Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.

Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are **not accepted after** acceptance of a manuscript.

Adding and/or deleting authors **at revision stage** may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the role of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.

Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.

If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is **maintained on the platform**, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

The author's institution may be informed.

#### Compliance with Ethical Standards

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include

information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled “Compliance with Ethical Standards” when submitting a paper:

Disclosure of potential conflicts of interest

Research involving Human Participants and/or Animals

Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

Disclosure of potential conflicts of interest

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)

Honoraria for speaking at symposia

Financial support for attending symposia

Financial support for educational programs

Employment or consultation

Support from a project sponsor

Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships

Multiple affiliations

Financial relationships, for example equity ownership or investment interest

Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)

Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

[here](#):

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

**Funding:** This study was funded by X (grant number X).

**Conflict of Interest:** Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Research involving human participants and/or animals

1) Statement of human rights

When reporting studies that involve human participants, authors should include a statement that the studies have been approved by the appropriate institutional and/or national research ethics committee and have been performed in accordance with the

ethical standards as laid down in the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments or comparable ethical standards.

If doubt exists whether the research was conducted in accordance with the 1964 Helsinki Declaration or comparable standards, the authors must explain the reasons for their approach, and demonstrate that the independent ethics committee or institutional review board explicitly approved the doubtful aspects of the study.

The following statements should be included in the text before the References section:

**Ethical approval:** “All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.”

For retrospective studies, please add the following sentence:

“For this type of study formal consent is not required.”

## 2) Statement on the welfare of animals

The welfare of animals used for research must be respected. When reporting experiments on animals, authors should indicate whether the international, national, and/or institutional guidelines for the care and use of animals have been followed, and that the studies have been approved by a research ethics committee at the institution or practice at which the studies were conducted (where such a committee exists).

For studies with animals, the following statement should be included in the text before the References section:

**Ethical approval:** “All applicable international, national, and/or institutional guidelines for the care and use of animals were followed.”

If applicable (where such a committee exists): “All procedures performed in studies involving animals were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted.”

If articles do not contain studies with human participants or animals by any of the authors, please select one of the following statements:

“This article does not contain any studies with human participants performed by any of the authors.”

“This article does not contain any studies with animals performed by any of the authors.”

“This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.”

## Informed consent

All individuals have individual rights that are not to be infringed. Individual participants in studies have, for example, the right to decide what happens to the (identifiable) personal data gathered, to what they have said during a study or an interview, as well as to any photograph that was taken. Hence it is important that all participants gave their informed consent in writing prior to inclusion in the study. Identifying details (names, dates of birth, identity numbers and other information) of the participants that were studied should not be published in written descriptions, photographs, and genetic profiles unless the information is essential for scientific purposes and the participant (or parent or guardian if the participant is incapable) gave written informed consent for publication. Complete anonymity is difficult to achieve in some cases, and informed consent should be obtained if there is any doubt. For example, masking the eye region in photographs of participants is inadequate protection of anonymity. If identifying characteristics are altered to protect anonymity, such as in genetic profiles, authors should provide assurance that alterations do not distort scientific meaning.

The following statement should be included:

**Informed consent:** “Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.”

If identifying information about participants is available in the article, the following statement should be included:

“Additional informed consent was obtained from all individual participants for whom identifying information is included in this article.”