

CAROLINA JARAMILLO GIRALDO

**VIABILIDADE DE SISTEMAS PRODUTIVOS DE BORRACHA NATURAL NA  
AMAZÔNIA: O CASO DO EXTRATIVISMO NA RESEX CHICO MENDES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

CAROLINA JARAMILLO GIRALDO

**VIABILIDADE DE SISTEMAS PRODUTIVOS DA BORRACHA NATURAL  
NA AMAZÔNIA: O CASO DO EXTRATIVISMO NA RESEX CHICO MENDES**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia Agrícola, para obtenção do  
título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 15 de abril de 2014.



Rivadálve Coelho Gonçalves



Sebastião Renato Valverde



Helio Garcia Leite  
(Coorientador)



Aristides Ribeiro  
(Coorientador)



Britaldo Silveira Soares Filho  
(Orientador)

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

J37v  
2014 Jaramillo Giraldo, Carolina, 1980-  
Viabilidade de sistemas produtivos da borracha natural na  
Amazônia : o caso do extrativismo na Resex Chico Mendes /  
Carolina Jaramillo Giraldo. – Viçosa, MG, 2014.  
xii, 65f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Britaldo Silveira Soares Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.45-49.

1. Seringueira - Cultivo. 2. Borracha - Aspectos  
econômicos. 3. *Hevea spp.* 4. Amazônia. 5. Modelagem  
espacial. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em  
Meteorologia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 633.8952

*Ao meu bebezinho*

Na procura de um mundo melhor

## **Agradecimentos**

Dou graça a Deus por suas bênçãos. À minha família, Camilo, Nelly, Adriana, Francesco e Giorgio, por serem minha fortaleza nos momentos difíceis e, especialmente, a Juan, de quem tenho muito orgulho de ser irmão. A meu parceiro, Renato Salinas Maciel, por estar ao meu lado nos caminhos da vida.

À Universidade Federal de Viçosa, aos excelentes professores e à equipe do Curso de Meteorologia Agrícola, pela oportunidade de realizar parte de minha formação acadêmica na instituição.

Ao meu orientador Britaldo Silveira Soares Filho e à equipe do Centro de Sensoriamento Remoto, especialmente, Rafaella Silvestrini, Letícia de Barros Viana Hissa, Renzo Giudice, Hermann Rodrigues, William Leles, pelo auxílio na elaboração dos modelos.

Ao meu querido coorientador Hélio Garcia Leite, pelos subsídios fundamentais ao trabalho, e, especialmente, pela amizade, compreensão e por ser uma excelente pessoa. Você é meu exemplo a seguir como profissional!

Ao pesquisador Rivadalve Coelho Gonçalves, da Embrapa, por seu trabalho com seringueira no Acre, que foi fundamental para a construção do modelo e para o trabalho de campo.

À equipe do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) do Acre, pela ajuda incondicional no trabalho de campo. Saudade, Boca!

Aos seringueiros e suas famílias da Reserva Chico Mendes, em especial Tião Aquino, pela hospitalidade, educação e recepção que recebi durante minha estadia dentro da reserva e disposição para a elaboração do trabalho de campo. Ao pessoal e às diferentes instituições do Acre, que, de alguma maneira, auxiliaram no trabalho de campo e na formação da base de dados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa.

Ao grupo Cordão de Ouro – Viçosa, pela amizade, e a meus contramestres Vitinho e Duas, pelos ensinamentos da bonita arte da capoeira brasileira.

A meus amigos e colegas, em especial Paulo Ciclone, Manuel Talacuece, Alex Silva, Milton Pereira, Mariana Magalhaes, Letícia Lima, Sandra Yuliet

Marin, Maria Yumbla, Felipe Barrera, Nicolas Stahringer, Marcos Oliveira, Gabriela Santistevan e a outros, pelos momentos inesquecíveis.

## **Biografia**

CAROLINA JARAMILLO GIRALDO filha de Nelly Giraldo e Camilo Jaramillo, nasceu em 12 de dezembro de 1980, em Medellín, departamento de Antioquia, Colômbia.

Em julho de 2004, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade de Caldas, em Manizales, Caldas – Colômbia.

Em agosto de 2007, concluiu o curso de pós-graduação em nível de mestrado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), no estado de Minas Gerais, Brasil.

Trabalhou na Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA durante dois anos (2008 e 2009), no centro de pesquisa de Suiza, em Bucaramanga, Santander, Colômbia, com sistemas agro-florestais, consórcio de seringueira, cacau e banana.

Em março de 2010, iniciou o curso de pós-graduação, em nível de doutorado em Meteorologia Agrícola na UFV, submetendo-se à defesa de tese em 15 de abril de 2014.

## Sumário

<b>Lista de Tabelas</b> .....	vii
<b>Lista de Figuras</b> .....	viii
<b>Resumo</b> .....	ix
<b>Abstract</b> .....	xi
<b>1. Introdução</b> .....	1
1.1 Objetivo Geral.....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 As Reserva de Uso Sustentável e a Borracha Natural.....	2
<b>2. Materiais e método</b> .....	7
2.1 Modelo Geral.....	7
2.2 Base de dados.....	12
2.3 Calibração e simulação.....	13
2.3.1 Distribuição espacial da densidade.....	13
2.3.2 Distribuição espacial da produtividade.....	15
2.3.3 Cálculo e espacialização da rentabilidade.....	16
2.4 Verificação e análise de sensibilidade.....	19
2.5 Valor presente líquido (VPL) e valor anual equivalente (VAE) dos produtos CV, LL e FDL.....	19
<b>3. Resultados</b> .....	23
3.1 Análises da produção de borracha natura.....	23
3.2 Potencial econômico da extração de borracha natural no sudeste do Acre.....	31
<b>4. Discussão</b> .....	35
4.1 Aspectos ecológicos da Seringueira.....	35
4.2 Aspectos econômicos da atividade de extração de Borracha.....	38
4.3 Viabilidade da borracha natural na Resex Chico Mendes.....	40
<b>5. Conclusões</b> .....	43
<b>6. Referências bibliográficas</b> .....	45
<b>7. Anexos – Material Suplementar</b> .....	50



## Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros e coeficientes do modelo alométrico. $P$ é a produção de látex em litros/árvore anual, $d$ e $\xi$ são os parâmetros da equação e $B$ é o diâmetro a 1,3 m de altura. A da análise da raiz quadrada do erro quadrático médio (RSME) foi significativa.....	15
Tabela 2. Custo total e preço de Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) nos cenários de produtividade total ( $C_{prd_{Total}}$ ) e parcial ( $C_{prd_{Parcial}}$ ) da extração realizada nas seringueiras nativas na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.....	17
Tabela 3. Coeficientes em US\$/(kg*km) para cada cobertura de solo ( $C_{solo}$ ) correspondente ao meio de transporte ( $z$ ), para o cálculo do custo de transporte ( $C_{tr}$ ) de Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração realizada nas <i>seringueiras nativas</i> na floresta e de <i>plantios</i> simulados nas áreas desmatadas.....	18
Tabela 4. Custos de formação ( $C_{form}$ ) de plantios simulados de seringueiras nas áreas desmatadas e custo total produção ( $CT_{prd}$ ) para os produtos Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL).....	21
Tabela 5. Características da população de espécies ancestrais de seringueira ( <i>Hevea spp</i> ) observadas nas nove unidades produtivas avaliadas no sudeste do Acre.....	24
Tabela 6. Valores citados de densidade e produtividade das seringueiras nativas em estudos prévios. Valores médios observados e simulados nas unidades de trabalho (UT) e valores médios simulados nas florestas do sudeste do Acre.....	26
Tabela 7. Valor anual equivalente (VAE) médio em US\$/ha dos produtos Cernambi Virgem (CV) Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração de borracha natural nas seringueiras nativas na floresta e da simulação do plantio nas áreas desmatadas para o sudeste do Acre.....	31

## Lista de Figuras

<p>Figura 1. Fluxograma do modelo espacial da densidade e da produtividade das seringueiras nativas na floresta do sudeste do Acre. Análise do Valor presente Líquido (VPL) e Valor Anual Equivalente (VAE) dos produtos Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) nos cenários produtividade total (<math>Cprd_{Total}</math>) e parcial (<math>Cprd_{Parcial}</math>), na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.....</p>	9
<p>Figura 2. Coberturas do sudeste do Acre e área de estudo da Resex Extrativista Chico Mendes. As unidades de trabalho e as unidades produtivas foram os dados de entrada para os modelos espaciais da densidade e da produtividade de seringueira nativa, respectivamente.....</p>	10
<p>Figura 3. Fluxograma do modelo econométrico espacial da simulação de plantios de seringueira nas áreas desmatadas do sudeste do Acre. As receitas (<math>R_n</math>), o custo total de produção (<math>CTprd_n</math>) e o transporte (<math>Ctr_n</math>) de cada produto (n) para cada período (j) foram usados para calcular a renda, Valor Presente Líquido (VPL) e Valor Anual Equivalente(VAE).....</p>	11
<p>Figura 4. A densidade (árvores/ha) (A) foi multiplicada pela produtividade (litros/árvore) (B) vezes um conteúdo de borracha seca a 53% para obter a produtividade (kg/ha) (C).....</p>	26
<p>Figura 5. Renda média anual (US\$/ha) dos produtos Cerambi Virgem (CV) Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração de borracha nas florestas do sudeste do Acre, nos cenários de produtividade total (<math>Cprd_{Total}</math>) e parcial (<math>Cprd_{Parcial}</math>), na presença (PS) (■) e ausência (AS) (□) de subsídio.....</p>	29
<p>Figura 6. Renda anual (US\$/ha) da produção de Látex Líquido (LL) (■) e Folha Defumada Líquida (FDL) (□) da extração de borracha nas florestas dos municípios que formam o sudeste do Acre, no cenário produtivo parcial (<math>Cprd_{Parcial}</math>), na presença de subsídio.....</p>	30
<p>Figura 7. Valor anual equivalente (VAE) do produto Látex Líquido (LL) da extração realizada das seringueiras nativas na floresta (A) e da simulação de plantio nas áreas desmatadas (B). A Reserva Extrativista Chico Mendes (RCM) e as associações de moradores formam a AMOPREAB (Zona I), AMOPREBE (Zona II), AMOPREX (Zona III), AMOPRESEMA (Zona IV) e AMOPRECARB (Zona V).....</p>	32

## Resumo

JARAMILLO, Carolina Giraldo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2014. **Viabilidade de sistemas produtivos de borracha natural na Amazônia: o caso do extrativismo na Resex Chico Mendes.** Orientador: Britaldo Silveira Soares Filho. Coorientadores: Aristides Ribeiro e Hélio Garcia Leite.

O desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis com a valoração dos bens e serviços ecossistêmicos (VSE) é uma peça fundamental para a preservação da floresta Amazônica. Neste contexto, este estudo tem como objetivo valorar ecológica e economicamente a borracha natural na Resex Chico Mendes (RCM). A extração de látex das seringueiras nativas na floresta no sudeste do Acre foi valorada mediante modelagem espacial da distribuição da densidade, estimativa da produtividade e cálculo da rentabilidade dos produtos Cernambi Virgem (CV), Látex Líquido (LL) e Folha de Defumada Líquida (FDL), sob dois cenários, na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio governamental. Além disso, utilizando dados da produtividade esperada de plantios de seringueira, foram identificadas áreas desmatadas com viabilidade econômica para a produção de borracha natural. O modelo estimou uma produtividade potencial total de 891,14 toneladas de borracha seca nas 2,5 milhões hectares (ha) de floresta da área de estudo, e o LL foi o produto com renda e com valor anual equivalente (VAE) de 3,24 US\$/ha no cenário que representa 75% da produtividade total na PS. Entretanto, a renda que produz o melhor cenário não é competitiva quando comparada a outras atividades agrícolas. Por outro lado, as áreas desmatadas têm atributos ecológicos para o sucesso das plantações de seringueira, e o FDL foi o produto que apresentou o VAE médio maior atingindo 271 US\$/ha. Ao contrário, o produto LL precisaria de auxílio nos custos de formação para gerar VAEs significativos e altamente competitivos em relação à pecuária (no mínimo de 17 US\$/ha). O Acre tem avançado nos esforços econômicos e políticos para proteger e sustentar suas unidades de conservação de uso sustentável. O subsídio é uma ferramenta que ajuda a conter a retirada total da vegetação florestal, no entanto, a subvenção no preço de 3,9 US\$/kg de borracha seca do produto LL não compensa a extração em todas as zonas da RCM. Áreas desmatadas destinadas a sistemas produtivos como heveacultura podem ser

uma alternativa de renda sustentável e competitiva para os seringueiros e fazendeiros na área da RCM. Os investimentos nacionais e internacionais para conservação da floresta poderiam auxiliar nos custos de formação das plantações de seringueira, que, para 60% da área total desmatada, 0,54 milhões ha, corresponderiam a um investimento inicial de 4 milhões de dólares, além de instalar um sistema de monitoramento de pragas e doenças e assistência técnica.

## Abstract

JARAMILLO, Carolina Giraldo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2014. **Viability of production systems of natural rubber in the Amazon: the case of extraction in Chico Mendes Extractive Reserve**. Adviser: Britaldo Silveira Soares Filho. Co-advisers: Aristides Ribeiro and Hélio Garcia Leite.

The development of sustainable public policies with the valuation of ecosystem goods and services (VES) is essential for the preservation of the Amazon rainforest. In this context, this study aims to value ecological and economically the natural rubber in the Chico Mendes Extractive Reserve (RCM). The extraction of latex from rubber trees in native forest in southeastern Acre was assessed by modeling the spatial distribution of density, productivity estimation and profitability calculation of products Pressed Virgin Rubber (PVR), Liquid Latex (LL) e Liquid Smoked Sheet (LSS) under two scenarios, in the presence (PS) and absence (AS) of government subsidy. Furthermore, using estimated productivity data of rubber plantations we identified deforested areas with economic viability to produce natural rubber. The model estimated a total potential production of 891.14 tons of dry rubber in 2.5 million hectares (ha) in the forest of the study area, and LL was the product with profitability and Equivalent Annual Annuity (EAA) of 3,24 U.S\$/ha in the scenario that represents 75% of total productivity in PS. However, the income produced in the best scenario is not competitive when compared to other agricultural activities. Moreover, the deforested areas have ecological attributes for rubber plantations success, and the LSS was the product that showed the average EAA greater of 271 U.S\$/ha. On the other hand, product LL would require support in the establishment costs to generate significant and highly competitive EAA in comparison to livestock (at least 17 U.S. \$ / ha). Acre has improved the economic and political efforts to protect and sustain their protected areas of sustainable use. The subsidy is a tool that helps to contain the complete removal of forest vegetation; however, the subsidy on price of 3.9 U.S\$/kg of dry rubber in the product LL does not compensate the extraction for all areas of the RCM. Deforested areas intended for production systems like rubber cultivation, may be an alternative of competitive and sustainable income for the tappers and farmers in the area of RCM. National and international investments for forest conservation could assist with the costs of the establishment of rubber plantations, which, for 60% of the total deforested area, 0.54 million ha,

correspond to an initial investment of U.S\$ 4 million, in addition to installing a pest and disease monitoring system, and technical assistance.

## 1. Introdução

Pesquisas sobre os serviços ecossistêmicos nos últimos 30 anos têm se intensificado (Liu et al., 2010; Fisher et al., 2009). Segundo a avaliação realizada por 1360 especialistas de todo mundo, publicada no relatório Millennium Ecosystem Assessment (MA) no ano de 2005, a humanidade terá que fazer escolhas relacionadas aos serviços ecossistêmicos (MA, 2005).

Embora os serviços ecossistêmicos tenham sido avaliados individualmente, foi constatado que 60% de um grupo de 24 serviços ecossistêmicos fundamentais estão em processo de degradação, e este balanço foi a primeira auditoria do estado do capital natural na terra (MA, 2005).

A bacia Amazônica é uma das biorregiões mais importantes do mundo por ter uma das maiores áreas de floresta tropical, entretanto, os bens e serviços ecossistêmicos que ela oferece à sociedade sofrem ação antrópica constante (Killeen, 2007). O desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis, com estimativas claras de valoração dos serviços ecossistêmicos (VSE), é fundamental para aliar a conservação com desenvolvimento econômico na Amazônia (Nunes et al., 2012).

A pesquisa em serviços do ecossistema ainda está em estágio inicial, abordagens sistemáticas de medição, modelagem e mapeamento dos serviços dos ecossistemas, além de análise de governança são necessários para viabilizar e contextualizar o processo de valoração em termos espaciais e temporais e, desta forma, definir o *"here and now"* (Aqui e agora) vers *"There and then"* (lá e então) (Fisher et al., 2011).

A informação que fornece a VSE possibilita comparações entre o capital natural, físico e humano e suas contribuições para o bem-estar. Além disso, permite monitorar a quantidade do recurso natural, como também, avaliar os impactos dos projetos de inversão para o desenvolvimento econômico ou de conservação do ecossistema.

A monetarização é o meio mais simples e conveniente de atribuir um valor relativo a um bem ou serviço ecossistêmico para incluí-lo dentro da sociedade. É simples, porque, ao usar uma métrica comum, é possível comparar os diferentes bens ou serviços (Liu et al., 2010), e é conveniente porque a

valoração influi na tomada de decisão de políticas públicas, que são tipicamente monetárias (The Environmental Literacy Council, 2008).

### **1.1 Objetivo Geral**

Valorar ecológica e economicamente a borracha natural extraída da Resex Chico Mendes visando a subsidiar tomadas de decisões para definir políticas que viabilizem a sustentabilidade da atividade.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Modelar a distribuição espacial da *Hevea spp* no sudeste do Estado do Acre, Brasil.
- Quantificar e espacializar a produtividade do látex de seringueira no sudeste do Estado do Acre, Brasil.
- Estimar a rentabilidade da extração do látex natural.
- Comparar os benefícios locais através de cenários de produtividade e variáveis econométricas dos produtos Cernambi Virgem (CV), Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL), derivados da borracha.
- Identificar a viabilidade ecológica e econômica para a produção de borracha natural tanto de floresta nativa como de plantação no sudeste do Estado do Acre.

### **1.3 As Reserva de Uso Sustentável e a Borracha Natural**

Na Região Amazônica brasileira, até o ano de 2010, foram estabelecidas 595 áreas públicas com restrições no uso do solo. As denominadas Áreas de Proteção (PA) ou Unidades de Conservação (UC) compreendem uma área aproximada de 1,9 milhões de km<sup>2</sup> e representam 45,6% do bioma amazônico brasileiro ou cerca de 54% de floresta remanescente (Soares-Filho et al., 2010).

As categorias área de proteção integral, uso sustentável e terra indígena têm apresentado um efeito inibitório ao incremento das taxas de desmatamento



após sua criação, sendo uma peça fundamental na proteção do bioma (Soares-Filho et al., 2010).

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), na categoria de uso sustentável, estão as 68 unidades extrativistas na Amazônia brasileira, com uma área aproximada de 0,12 milhões de km<sup>2</sup> (SNUC, 2012; Soares-Filho et al., 2010). Entre estas unidades, destaca-se a Reserva Extrativista Chico Mendes (RCM).

Essa reserva foi uma das primeiras áreas de proteção criadas no Brasil pela iniciativa dos movimentos populares de resistência à conversão e apropriação das áreas de florestas (seringueiros, castanheiros, ribeirinhos, entre outros) por projetos agropecuários, que resultam em concentração fundiária, expropriação das populações tradicionais e desmatamento (Salisbury e Schmink, 2007).

A RCM é uma unidade de conservação que durante 23 anos soube manter a floresta na base da extração dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) e tem constituído instrumentos de gestão de organização social. Os elementos de gestão da RCM são o Plano de Manejo e Plano de Utilização do Conselho Consultivo, sendo que os moradores têm o direito real de uso por concessão (Ministério do Meio Ambiente -MMA, 2006).

Extração, processamento, consumo e venda dos PFNM são estratégias de subsistência para um número representativo de pessoas que têm sua moradia perto das florestas tropicais, por ser uma alternativa diante da escassez de renda, alimento e forragem (Stoian, 2005). Os PFNMs são serviços da floresta que oferecem benefícios diretos à sociedade local. Geralmente são de origem não madeireira, como o alimento, fibras, resinas, animais e produtos de cosméticos ou farmacêuticos de origem biótica (Chiabai et al., 2011).

No Estado do Acre, as principais rendas provenientes de PFNM são a borracha natural das seringueiras (*Hevea spp*) e a castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) por terem mercados estabelecidos de compra direta através das cooperativas, que são organizações sociais que facilitam a comercialização do produto (Ministério do Meio Ambiente -MMA, 2006).

Historicamente, a extração de borracha natural de seringueira fez com que a Amazônia não só participasse ativamente na economia brasileira como também se projetasse no mercado mundial durante os 'ciclos da borracha', que ocorreram na primeira década do século XX e durante os anos de 1942 e 1965.

Mato Grosso, Rondônia e Acre são os principais estados brasileiros que têm fornecido material genético para os institutos de pesquisas como a IRRDB (International Rubber Research and Development Board), fonte principal para o desenvolvimento de clones altamente produtivos.

Genótipos mais produtivos, com resistência a diferentes condições marginais como ventos e outras doenças podem estar presentes nesses estados e ser também fonte genética para outros atributos da seringueira de importância econômica, como a madeira.

A domesticação e adaptação de *Hevea brasiliensis* nos países asiáticos e mesmo em outras regiões do Brasil fez com que o extrativismo de látex na Amazônia praticamente desaparecesse devido à sua baixa rentabilidade quando comparado com plantações. Atualmente, o movimento mais forte desta atividade econômica na Amazônia se concentra no sudeste do Acre, Figura 1, onde se encontra a maior densidade populacional do Estado.

Com o objetivo de fortalecer o extrativismo de borracha natural, os Governos Federal, Estadual e Municipal vêm promovendo a reativação da cadeia produtiva, mediante subvenção econômica e consolidação do mercado dentro do Estado do Acre. Além destas ações, há o fomento das florestas plantadas com seringueira por parte do Governo Estadual.

Em 1999, foi implementada e posteriormente reformulada em 27/12/2001 a Lei Federal No. 1427, que gerou a subvenção estadual à borracha natural extraída da floresta Amazônica. Isto fez com que os movimentos populares fossem organizados em cooperativas ou associações com a finalidade de receber o benefício da subvenção.

Deste modo, o extrativista recebe por quilo de borracha seca da instituição em que é filiado, o preço de mercado mais uma parcela de subvenção ou complementação por parte do governo até atingir um preço mínimo, que para o produto base, Cernambi Virgem (CV) seria de 3,5 R\$/kg ou 1,89 US\$/kg usando uma taxa de câmbio de um dólar americano (USD) para dois Reais Brasileiros (BRL).

No ano de 2005, o governo Estadual constituiu uma unidade industrial para fabricação de preservativos masculinos em Xapuri-AC, denominada Preservativos Natex (<http://www.preservativosnatex.com.br>), sendo a primeira

fábrica do mundo a produzir preservativos das seringueiras de floresta Amazônica.

Iniciativas municipais estão apoiando também diferentes associações para produzir a Folha Defumada Líquida (FDL) para solas de sapatos desde o ano 2006. A tecnologia do FDL foi desenvolvida pelo departamento de química da Universidade Federal de Brasília (UnB), que permite gerar finas folhas de borracha pura.

A consolidação da cadeia de Borracha no estado está em andamento. Desde 2010, o governo Estadual também promove a política de florestas plantadas com diferentes árvores nativas da região, como a seringueira, no programa de recuperação de áreas degradadas (Governo do Estado do Acre, 2010)

Historicamente, as plantações de seringueira em grande escala na América tropical, em especial, na Amazônia Brasileira, não têm chegado à fase de estabilidade da produção, a qual ocorre após de 12 anos após do plantio. A falta de pesquisa no manejo e controle de pragas e doenças, ressaltando o mal das folhas das seringueiras (South American Leaf Blight SALB), têm sido a principal justificativa para o insucesso das plantações nestas regiões (Lieberei, 2007).

Por outro lado, não se pode deixar de reconhecer que o baixo preço da borracha natural no mercado internacional como também a inoperância dos organismos promotores dos plantios de floresta de seringueira contribuíram fortemente para a falência econômica, tendo o proprietário finalmente que derrubar, queimar e instalar outro sistema, como a pecuária (Flores, 2003).

Existem na Amazônia brasileira seringais produtivos com mais de 30 anos de idade (Schroth et al., 2004), remanescentes dos 150000 hectares de plantios promovidos pelos programas de incentivo à produção de Borracha natural, historicamente conhecido como Probor I, II, e III, durante os anos de 1972 até 1994 (Lieberei, 2007), evidência real de que as árvores de seringueira podem chegar à fase de estabilidade e serem produtivas (Schroth et al., 2004).

A demanda de borracha natural de *Hevea brasiliensis* tem levado ao incremento do plantio em nível mundial. A borracha natural pode substituir produtos finais derivados do petróleo devido a atributos de elasticidade, resiliência e resistência às altas temperaturas tal que o produto sintético não

pode substituir (Gronover et al., 2011; Cornish, 2001). Ademais, a cultura da seringueira armazena carbono, protege os solos, mananciais e incrementa a riqueza em biodiversidade, atributos fundamentais para a restauração de ecossistemas (Wauters et al., 2008; Gouyon et al., 1993).

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Modelo Geral

A extração de látex das *seringueiras nativas* da floresta no sudeste do Acre foi valorada pela modelagem espacial da distribuição da densidade e estimativa da produtividade e rentabilidade dos principais produtos derivados do látex, entre eles: Cernambi Virgem (CV), Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) (Figura 1).

Foram avaliados dois cenários de produtividade denominados Ciclo total ( $Cprd_{Total}$ ) e Ciclo parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), que representam 100% e 75% da produtividade (kg) total anual, respectivamente, obtida para o ano 2009. Para cada produto e cenário, foi considerada presença (PS) ou ausência (AS) de subsídio.

No modelo, os cenários com presença de subsídio (PS) estão caracterizados pelos seguintes itens: preço que o extrativista recebe no Acre (subvenção) por kg de borracha seca e incentivo inicial em insumos e materiais de coleta de látex, que reduz o custo total de cada produto (Tabela S2 do Material Suplementar), além da ajuda no transporte secundário, representado nos 30 pontos de recolhimento (PR) localizados dentro da floresta, poupando ao extrativista a distância de percurso.

O valor presente líquido (VPL) e, posteriormente, o valor anual equivalente (VAE) para os produtos derivados do látex foram calculados pela extração feita em duas diferentes coberturas do solo. A extração das *seringueiras nativas* da floresta no cenário, com maior renda anual e a extração de plantios simulados nas áreas desmatadas do sudeste do Acre, são aqui denominadas de *seringueiras de plantio* (Figura 3).

O trabalho foi desenvolvido no sudeste do Acre, com área de 3,88 milhões hectares (ha), dos quais 2,5 milhões são categorizadas como floresta e 0,9 milhões como áreas desmatadas, INPE (2010) (Figura 2; Material suplementar Tabela S1).

Na área de trabalho, estão os 11 municípios com maior densidade demográfica do Estado e inserida a maior área (0,8 milhões de ha) da Resex Chico Mendes (RCM). Ao sul da RCM estão localizados os principais ramais,

estradas e rodovias do Estado, como a BR-317, que liga o Brasil ao oceano pacífico (Figura 2).

Uma área ao norte da RCM de (0,17 milhões de ha), localizada no município de Sena Madureira, foi descartada por não ter informação suficiente para elaborar e verificar o modelo proposto (Figura 2).

O modelo utiliza uma resolução espacial de 6,25 ha (células de 250 x 250 m) e foi desenvolvido usando o Freeware Dinamica EGO (Environment For Geoprocessing Objects).

Esse software é uma plataforma que contém uma variedade de operadores chamados 'functores', que executam operações matemáticas, lógicas e de análise espacial para elaborar modelos espacialmente explícitos, além de utilizar algoritmos para calibração e validação das simulações dos fenômenos espaço-temporais (Soares-Filho et al., 2013).

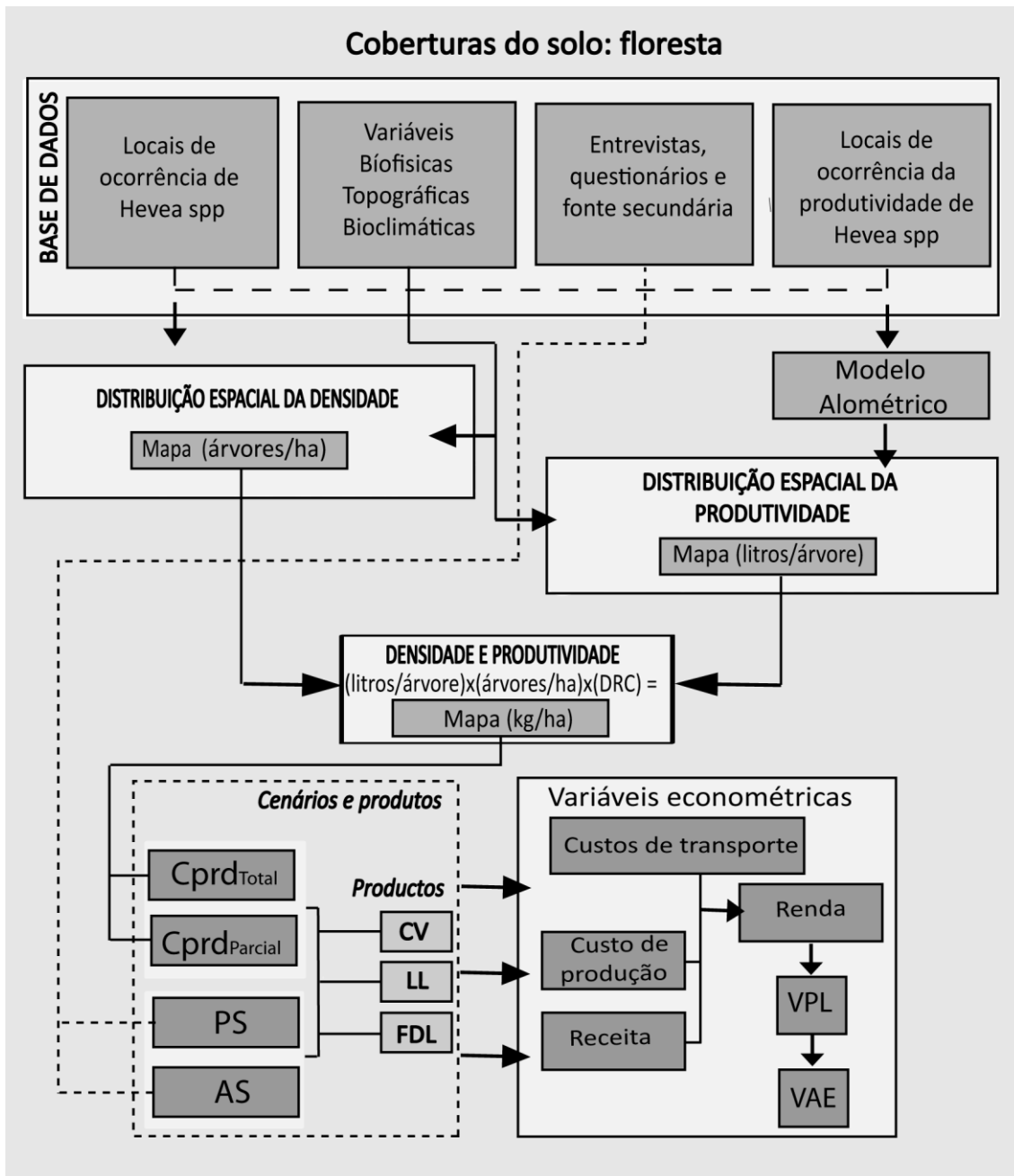


Figura 1. Fluxograma do modelo espacial da densidade e da produtividade das seringueiras nativas na floresta do sudeste do Acre. Análise do Valor presente Líquido (VPL) e Valor Anual Equivalente (VAE) dos produtos Cernambi Virgem (CV), Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) nos cenários produtividade total ( $Cprd_{Total}$ ) e parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.

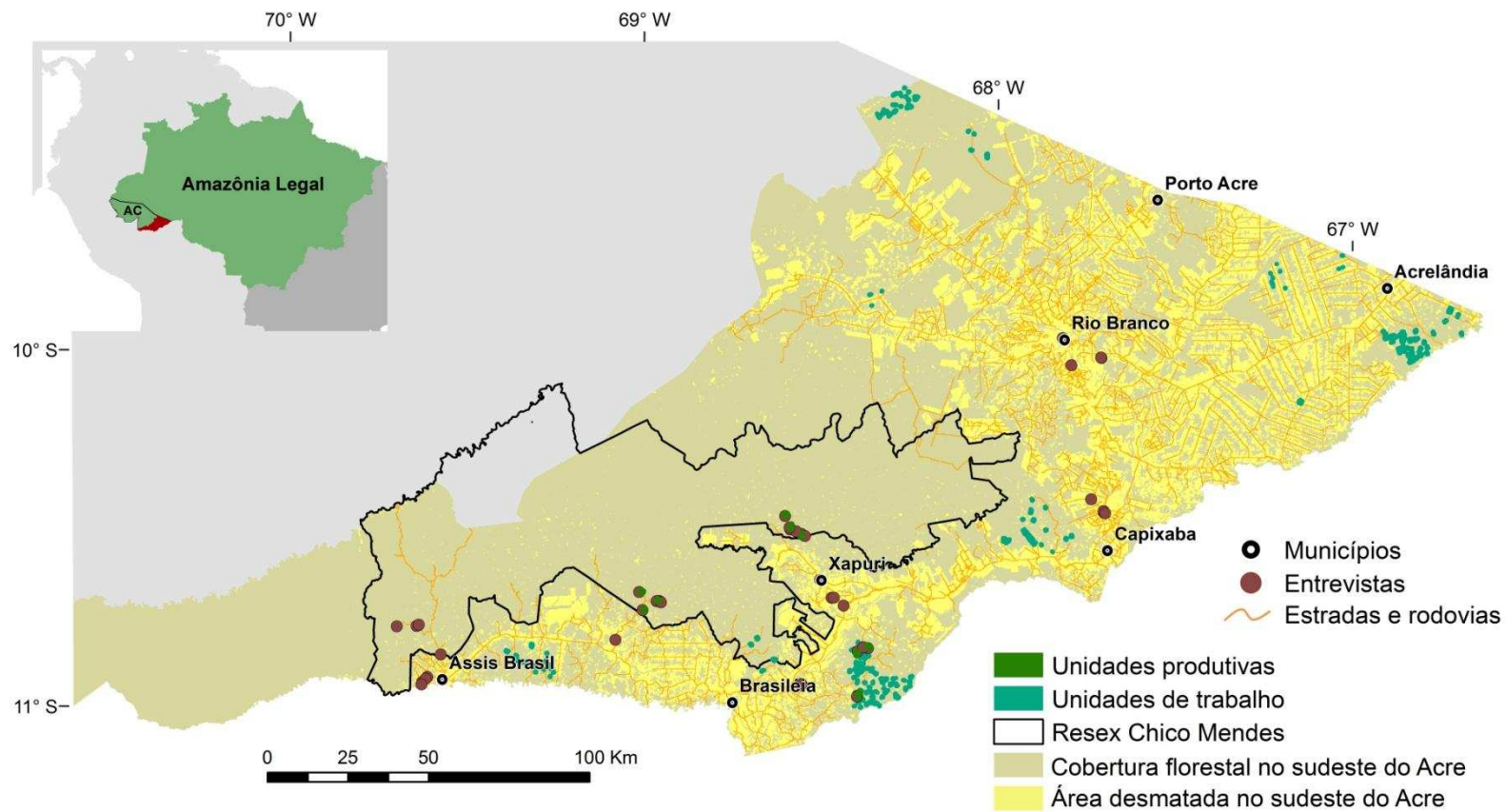


Figura 2. Coberturas do sudeste do Acre e Resex Extrativista Chico Mendes. As unidades de trabalho e as unidades produtivas foram os dados de entrada para os modelos espaciais da densidade e da produtividade de seringueira nativa, respectivamente.



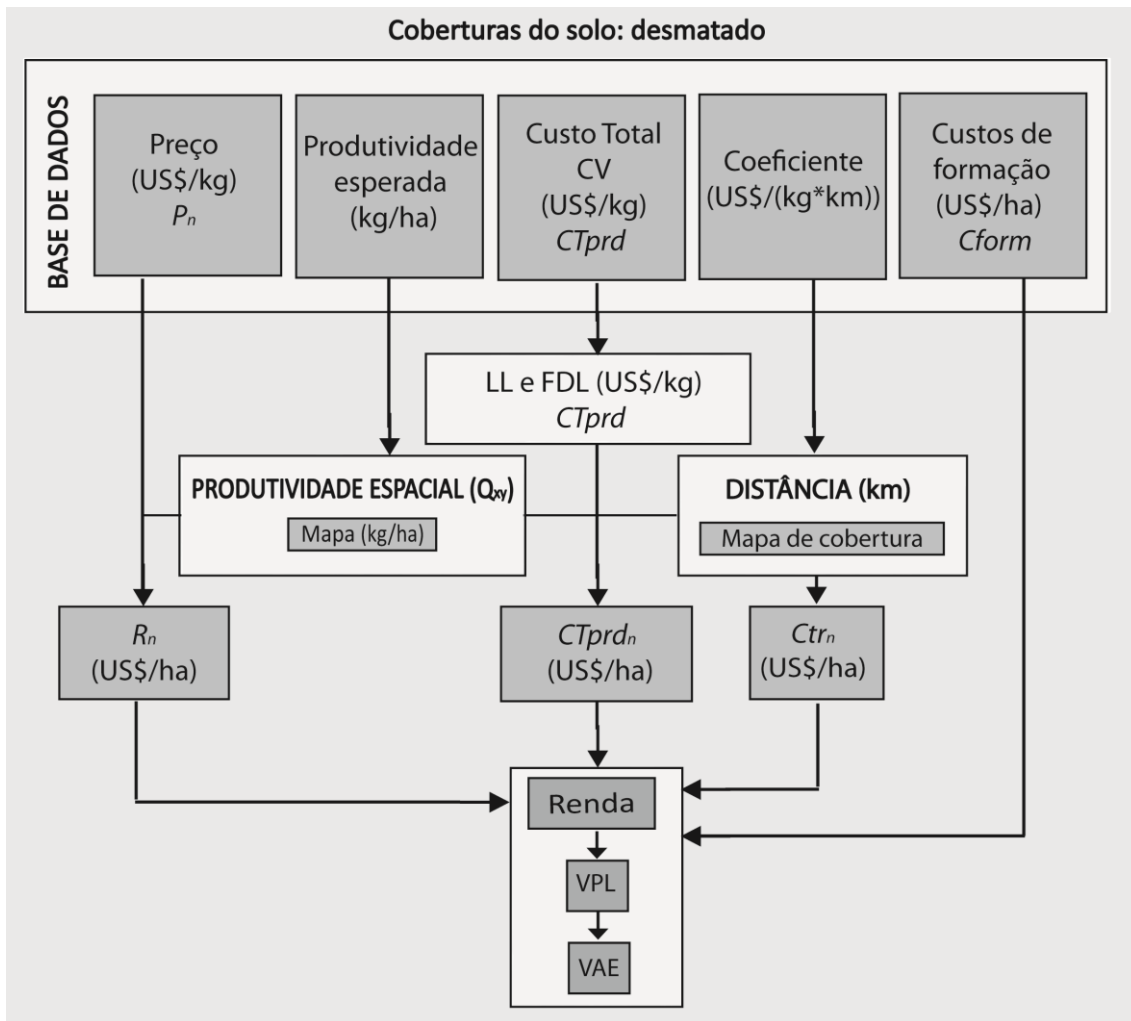


Figura 3. Fluxograma do modelo econométrico espacial da simulação de plantios de seringueira nas áreas desmatadas do sudeste do Acre. As receitas ( $R_n$ ), o custo total de produção ( $CTprd_n$ ) e o transporte ( $Ctr_n$ ) de cada produto (n) para cada período (j) foram usados para calcular a renda, Valor Presente Líquido (VPL) e Valor Anual Equivalente (VAE).

## 2.2 Base de dados

A base de dados utilizada para o modelo de extração de látex das *seringueiras nativas*, Figura 1, na floresta, Figura 2, foi composta por informações provenientes de diferentes entidades públicas e privada, grupos de pesquisa e coleta de dados em campo. Cada variável, tipo e fonte estão resumidos na Tabela S1 do Material Suplementar.

A empresa de consultoria ambiental Tecnologia e Manejo Florestal - TECMAN forneceu, para esta pesquisa, 152 Planos Anuais (POAs), feitos entre 2009 e 2012. Foram selecionadas 329 unidades de trabalhos (UTs) de diferentes dimensões em hectare, representando uma área total de 4.148 ha, distribuídas pelo sudeste do Acre (Figura 2). As coordenadas *x* e *y* de cada árvore e o diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) foram os dados usados para o modelo.

As variáveis biofísicas descritas na Tabela S1 do Material Suplementar foram obtidas do Zoneamento ecológico - econômico do Acre (2006), da Agência Nacional das Águas I (atualização 2010) e da Nasa -Shuttle Radar Topography Mission (2000).

As informações climáticas descritas na Tabela S1 do Material Suplementar foram extraídas dos layers de superfície climática interpolada, desenvolvida por Hijmans et al. (2005) e disponíveis em Worldclim (<http://www.worldclim.org>).

Nove unidades produtivas ou estradas de seringueira foram caracterizadas ecologicamente pela Associação de Moradores de Xapuri (AMOPREX) no ano de 2009 (Figura 2). As diferenças morfológicas entre espécies ancestrais de *Hevea spp*, os registros em litros/(árvore\*semana) durante seis meses e sua respectiva localização em coordenadas *x* e *y* foram utilizados para a elaboração e análise do modelo.

Para conhecer a cadeia produtiva da borracha no sudeste do Acre, foram feitas 44 visitas e entrevistas, nos anos de 2010 e 2012, com os extrativistas, cooperativas e indústrias de látex em diferentes lugares da área de estudo, Figura 2. A informação foi utilizada para o cálculo da renda, VPL e VAE dos produtos derivados da extração de látex das *seringueiras nativas*.

Com uma visão geral da cadeia produtiva de borracha na área de estudo, foi elaborado outro modelo econométrico espacial para determinar a viabilidade de plantios de seringueira nas áreas desmatadas (Figura 3).

Em cada célula com coordenadas  $x$  e  $y$  da cobertura desmatada foram assinaladas as produtividades esperadas de borracha seca (kg/ha) para cada ano correspondente à fase da cultura (Tabela 3).

Os custos de formação ( $C_{form}$ ) e total de produção ( $CT_{prd}$ ) foram adaptados da estrutura do Anuário da Agricultura Brasileira da Informa Economics (FNP), elaborada para o ano de 2012 e publicados no agrianual (2013), seguindo as recomendações do Manual de Heveacultura para a região do Sudeste do Estado do Acre (Gonçalves et al., 2013).

## **2.3 Calibração e simulação**

Em seis passos foram feitas a calibração e a simulação da distribuição espacial da densidade e produtividade das *seringueiras nativas* na floresta bem como a espacialização da rentabilidade dos principais produtos derivados do látex no sudeste do Acre (Figura 1).

### **2.3.1 Distribuição espacial da densidade**

*Passo 1:* Para definir o padrão de distribuição de *Hevea spp*, foi usada a função K Ripley's em 20 unidades de trabalho (UT) do inventário florestal (Baddeley and Turner, 2005; Itoh et al., 2003). A significância dos resultados de cada UT foi determinada através de um modelo teórico de Aleatoriedade Espacial (Complete Spatial Randomness – CSR) (Figura S1 do Material Suplementar).

O método de pesos de evidência foi empregado no modelo, baseado no teorema da probabilidade condicional de Bayes (Bonham-Carter, 1994) para gerar o mapa de probabilidade da densidade de *Hevea spp*.

O método determina a relação de 27 variáveis espaciais ( $V_1, V_2, V_3... V_i$ ) biofísicas e climatológicas (Tabela S1 do Material Suplementar), com a probabilidade de ocorrência de um evento, neste caso, a densidade de *seringueiras nativas* ( $D$ ). Como o método se aplica somente a variáveis

categóricas, às variáveis contínuas foram atribuídos valores aos intervalos de distância usando a metodologia de Agterberb e Bonham-Carter (1990), adaptados por Soares-Filho e colegas (2013).

Conforme o teorema de Bayes, as variáveis espaciais utilizadas devem ser independentes. Nesse contexto, foram escolhidos o índice de Cramer e a Incerteza de Informação Conjunta para verificar a independência entre os pares de variáveis e escolher a mais relevante entre as variáveis correlacionadas. Os índices variam de zero a um, sendo que as variáveis são independentes quando o valor for igual a zero e dependente quando for igual a um. O limiar de corte considerado neste estudo foi fixado de 0,5.

Escolhidas 11 das 27 variáveis espaciais ( $V$ ) com seus respectivos intervalos ou categorias (Figuras S2 do Material Suplementar), foram calculados os pesos de evidência ( $W^+_{vn}$ ) para cada intervalo ( $n$ ) da variável  $V$ , de acordo com a fórmula 1.

$$\log\{D/V\} = \log\{D\} + W^+_{vn} \quad (1)$$

em que  $W^+_{vn}$  é o peso de evidência de ocorrer o evento  $D$  (Densidade de árvores de seringueiras), dado um padrão espacial  $V$  (intervalos ou categorias das 11 variáveis escolhidas) (Bonham-Carter, 1994).

Uma vez definidos os pesos (Figuras S2 do Material Suplementar), foi então produzido o mapa de probabilidade, de acordo com a equação 2, em que foram selecionadas as células mais favoráveis de ocorrência da seringueira.

$$P\{Densidade\_seringueira_{(x,y)} | V_1 \cap V_2 \cap V_3 \dots \cap \dots \cap \dots \cap V_j\} = \frac{e^{\sum W^+_{vn}}}{1 + e^{\sum W^+_{vn}}} \quad (2)$$

em que  $P\{Densidade\_seringueira_{(x,y)} | V_1 \cap V_2 \cap V_3 \dots \cap V_j\}$  é a probabilidade de ocorrência de uma célula com seringueira, dada a existência das variáveis explicativas  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_j$ , em uma localidade representada pela célula  $(x,y)$ . O  $W^+_{vn}$  é o coeficiente de peso de evidência de um intervalo  $n$ . Quanto maior esse coeficiente, mais forte a associação da variável explicativa com a ocorrência da célula com seringueira. Valores negativos indicam efeito inibitório.

*Passo 2:* Foram feitas simulações espaciais da densidade de árvores de seringueira, utilizando o mapa de probabilidade e duas funções densidade de probabilidade (fdp). Para as áreas que tiveram uma probabilidade menor de 0,8, foi empregada a função Weibull, e para as maiores de 0,8, a função LogNormal (Figura S3 do Material Suplementar).

### 2.3.2 Distribuição espacial da produtividade

*Passo 3:* Para relacionar a produtividade em litros por árvore (litros/árvore) com o diâmetro a uma altura de 1,3 m (*dap*) dos 738 indivíduos de *seringueiras nativas* que formam as nove unidades produtivas, foi estimado um modelo alométrico, que pode ser observado na Tabela 1 e sua respectiva análise estatística.

Usando o modelo estimado, a produtividade em litros/árvore foi atribuída às 8707 árvores das 244 unidades do manejo florestal usando o *dap*.

Tabela 1. Parâmetros e coeficientes do modelo alométrico. *P* é a produção de látex em litros/árvore anual, *d* e  $\xi$  são os parâmetros da equação e *B* é o diâmetro a 1,3 m de altura. A análise da raiz quadrada do erro quadrático médio (RSME) foi significativa.

Equação	Parâmetro	RSME
$P = d \cdot B^{\xi}$	$\xi$	-0.4264
	<i>d</i>	0.04511
		0,90

Aceita a hipótese de Aleatoriedade Espacial Completa ( $p=0,5$ ) até uma distância de 500 m, de todas as classes (l/ano) -baixa (0 até 1,1), média (1 até 2,6) e alta (>2,6) das unidades produtivas analisadas (Figuras S4 do Material Suplementar) foi elaborado o mapa de probabilidade de ocorrência, usando o mesmo procedimento descrito no passo 1, tendo sido utilizadas 13 variáveis espaciais com diferentes intervalos e pesos de evidência (Figura S5 do Material Suplementar).

*Passo 4:* Com o mapa de probabilidade e duas funções densidade de probabilidade (fdp), foram feitas as simulações de produtividade espacial no

sudeste do Acre. Foram testadas as funções LogNormal para as áreas que tinham probabilidade menor de 0,6 e Weibull para as áreas com probabilidade superior a 0,6 (Figura S6 do Material Suplementar).

*Passo 5:* Os mapas de densidade (árvores/ha) e produtividade (litros/árvore) foram utilizados para obter o mapa de produtividade espacial em litros/ha, posteriormente transformado para quilos/ha, utilizando um coeficiente de conteúdo de borracha seca DRC (Dry Rubber content) de 53%.

A extração dos litros de látex das *seringueiras nativas* diminuiu em função do tempo (meses) de observações realizadas durante os seis meses de coleta (Figura S7 do Material Suplementar), por este motivo, foram simulados e analisados dois cenários de produtividade. O ciclo produtivo total ( $Cprd_{Total}$ ) e o parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ) representam 100% e 75% da produtividade total em (kg) total, respectivamente, obtida para o ano de 2009.

### **2.3.3 Cálculo e espacialização da rentabilidade**

*Passo 6:* Os principais derivados de látex (CV, LL, FDL) se diferenciam em relação aos custos fixos, custos operacionais e preços. O modelo utilizou uma taxa de câmbio de um dólar americano (USD) para dois reais Brasileiros (BRL).

O custo total para cada produto foi delineado na base de uma unidade produtiva (estrada de seringueira), que, em média, tem 120 árvores adultas de seringueira e uma produtividade de 180 quilos por ano por unidade produtiva.

Utilizando os questionários aplicados aos extrativistas, foram registrados os materiais e o tempo demandados nas atividades de limpeza da estrada, abertura dos painéis, corte do painel, coleta látex, transporte interno, tratamento de pós-colheita do látex, armazenamento e venda do produto.

Tendo como referências o delineamento, o registro, a informação secundária e o salário mínimo de R\$ 622,00 (US\$ 311,00) do ano de 2012, foram definidos os custos fixos e operacionais para cada produto (CV, LL e FDL) de acordo com o cenário de produtividade ( $Cprd_{Total}$  e  $Cprd_{Parcial}$ ) (Tabela S2 do Material Suplementar)

Os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) foram usados como referência de preço do quilograma de borracha seca para cada produto no modelo. O TÍTULO 72 – Normas específicas de borracha natural –

Extrativista safra 2011/2012, comunicado CONAB/MOC No 007, de 16/04/2012, especificou o preço em kg de cada produto que recebe os beneficiários no bioma amazônico (com subvenção). Por outro lado, o TÍTULO 59 – Normas específicas de borracha natural – safra 2011/2012 comunicado CONAB/MOC No 007, de 16/04/2012, especificou os preços aplicados no Brasil (sem subvenção) pelo governo Federal.

Na Tabela 2, são apresentados para cada produto o custo total (CT) e o preço de venda ( $P_n$ ) em dólares por quilograma (US\$/kg) que extrativista do Acre recebe por produto no ano de 2012, para os cenários de produtividade, ciclo total ( $Cprd_{Total}$ ) e ciclo parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.

Os coeficientes (US\$/ $(kg \cdot km)$ ) para calcular o custo de transporte secundário ( $C_{trans}$ ) do lugar de armazenamento na floresta até o ponto de venda de cada produto estão na Tabela 3, relacionando o meio de transporte que utiliza o extrativista.

Tabela 2. Custo total e preço de Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) nos cenários de produtividade total ( $Cprd_{Total}$ ) e parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ) da extração realizada nas seringueiras nativas na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.

Variáveis econômicas	PS			AS		
	CV	LL	FDL <sup>2</sup>	CV	LL	FDL <sup>2</sup>
Custos total de produção ( $Cprd_{Total}$ ) (US\$/kg)	2,58	3,08	3,35	2,82	3,80	5,32
Custo total de produção 75% ( $Cprd_{Parcial}$ ) (US\$/kg)	1,66	1,97	2,27	1,98	2,94	4,78
Preço de venda ( $P_n$ ) (US\$/kg)	1,75	3,90	3,75	0,81	1,89	2,49

<sup>2</sup>Fator de conversão: 1kg de látex extraído: 0,9 kg de FDL.

Tabela 3. Coeficientes em US\$/ $(kg \cdot km)$  para cada cobertura de solo ( $C_{solo}$ ) correspondente ao meio de transporte ( $z$ ), para o cálculo do custo de transporte ( $C_{tr}$ ) de Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração realizada nas *seringueiras nativas* na floresta e de *plantios simulados* nas áreas desmatadas.

Características		Csolo	Desmatado	Floresta	Rios	Estrada
Produto	Cenário	Z	Moto	Burro	Barco	Caminhão
		Kg/ha				
CV e FDL	Floresta Valor Base (US\$/kg*km)		0,016	0,002	0,005	0,011
	Floresta plantada	450	0,041	0,006	0,013	0,027
	Fase crescente de produção	650	0,059	0,009	0,019	0,039
	(US\$/kg*km)	900	0,082	0,012	0,027	0,053
		1200	0,110	0,016	0,036	0,071
		1400	0,128	0,019	0,042	0,083
	Floresta plantada Fase estável de produção	1500	0,137	0,020	0,045	0,089
	(US\$/kg*km)					
	Floresta Valor Base (US\$/kg*km)		0,017	0,003	0,005	0,011
	Floresta plantada	450	0,044	0,009	0,013	0,027
Fase crescente de produção	650	0,063	0,012	0,019	0,039	
(US\$/kg*km)	900	0,087	0,017	0,027	0,053	
	1200	0,116	0,023	0,036	0,071	
	1400	0,136	0,027	0,042	0,083	
LL	Floresta plantada Fase estável de produção	1500	0,145	0,028	0,045	0,089
	(US\$/kg*km)					

Um mapa de cobertura do solo foi utilizado para localizar espacialmente os diferentes meios de transporte (z). O custo de transporte acumulado nos cenários com presença de subsídio foi calculado desde os pontos de armazenamento (PA) do produto até o ponto de recolhimento (PR) nos remanescentes de floresta. Nos cenários na ausência de subsídio, o cálculo foi feito dos PA até o ponto de venda (PV) nas sedes municipais mais próximas.

A rentabilidade potencial (US\$/ha) foi calculada de acordo com a seguinte equação 4:

$$Renda\_nativa_n = Q_{xy}(P_n - Cprd_n - Ctr_{xy,n,z}) \quad (4)$$

em que  $Q_{xy}$  representa a produção total ou parcial simulada para uma célula com coordenadas geográficas (x) e (y) em kg/ha;  $P_n$  e  $CTprd_n$ , respectivamente, o preço de venda e o custo de produção em US\$/kg do produto  $n$  e o custo de transporte secundário ( $Ctr_{n,z}$ ) do produto  $n$ , com meio (z) da localização (x,y) até o PR ou PV na sede municipal mais próxima.



## **2.4 Verificação e análise de sensibilidade**

Os valores médios da densidade (árvores/ha) e da produtividade (litros/árvore) simulada para os locais das unidades de trabalho foram verificados pelos dados observados usados no modelo.

A Secretaria de Estado de Planejamento do Governo do Acre (Seplan) registra os dados de produção anual da extração de seringueira nativa por município desde o ano de 1999. A produção em toneladas simulada para o sudeste do Acre foi comparada com os registros da Seplan (Governo do estado do Acre, 2011), no mesmo ano que foi feita a coleta de campo (2009) e com os registros de anos anteriores.

Os registros de produção de borracha para o Acre, do Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) desde o ano de 2004 e do anuário da Agricultura Brasileira desde o ano 2000 (Informa economics FNP, 2013), foram consultados para corroborar os registros da Seplan.

A análise de sensibilidade para o modelo de rentabilidade espacial foi feita variando 25% para mais ou para menos em cada parâmetro (custos totais e de transporte, preço e produtividade), visando a determinar qual tem maior influência na rentabilidade.

## **2.5. Valor presente líquido (VPL) e valor anual equivalente (VAE) dos produtos CV, LL e FDL.**

Neste estudo, foi calculado o incremento do lucro assumindo a existência de seringais produtivos nas áreas desmatadas no sudeste do Acre.

O valor presente líquido (VPL) e o valor equivalente anual (VEA) foram estimados para os produtos CV, LL e o FDL da extração de látex feita em diferentes coberturas do solo: floresta e áreas desmatadas, da área de estudo, Figura 2, durante 30 anos, utilizando uma taxa de juros ( $i$ ) ao 6 %a.a.

A taxa de juros escolhida é a taxa mínima de atratividade, em outras palavras, 6 %a.a é o rendimento mínimo da poupança dos bancos brasileiros.

Os valores de renda no melhor cenário, anteriormente calculados para os três produtos da extração látex feita das seringueiras nativas da cobertura de floresta foram utilizados para determinar o VPL e o VEA. A produtividade, preço e custo total foram mantidos constantes durante a análise do VPL.

Na cobertura desmatada, foi assumido um projeto de plantio de seringueira com uma densidade de 476 árvores por hectare. A renda média em US\$/ha para cada período ( $j$ ) e produto ( $n$ ) foi calculada segundo a equação 5 para, posteriormente, determinar o VPL e o VAE dos produtos CV, LL e FDL (Figura 3).

$$Renda\_plantio_j = (Q_{xy} * P_n) - (Q_{xy} * CTprd_n) - (Q_{xy} * Ctr_n * d_z) - (Cform_{xy}) \quad (5)$$

em que a produtividade esperada de borracha seca ( $Q_{xy}$ ) em kg/ha na coordenada  $x$  e  $y$  foi utilizada para estimar as receitas ( $Q_{xy} * P_n$ ), custos de total de produção ( $Q_{xy} * CTprd_n$ ) e de transporte ( $Q_{xy} * Ctr_n * d_z$ ) para cada  $n$  e  $j$ . O  $Cform_{xy}$ , são os custos de formação.

O  $Q_{xy}$  varia em relação às fases da cultura de seringueira (formação, crescente e estável). A extração de látex na cultura da seringueira é recomendada aos sete anos após do plantio.

Na Tabela 4, encontra-se a variação do custo total de produção ( $CTprd_n$ ) em relação a cada fase da cultura até estabilizar a produtividade. A partir do período, 16 anos após do plantio, foi assumido um custo total constante por período até completar os 30 anos.

Os valores de  $P_n$  comercial foram constantes durante a análise. Os valores usados correspondem aos descritos na Tabela 1 na ausência de subsídio.

Seguindo a estrutura de custos do ano 2012 do Agriannual (Informa economics FNP, 2013) e a proposta de plantio feita pelo centro de pesquisa da Embrapa Acre (Gonçalves et al. 2013), foram assinalados os  $CTprd$  do produto Cernambi Virgem (CV) para cada período  $j$ . As operações mecanizadas, manuais e os insumos foram os itens que formaram esse custo total (Tabela S3 do Material suplementar).

Para os outros dois produtos, LL e FDL, foram usados os equivalentes proporcionais determinados nas seringueiras nativas. O LL e o FDL equivalem a 34,91 % e a 39,83 % a mais que o CV, respectivamente.

Tabela 4. Custos de formação (*Cform*) de plantios simulados de seringueiras nas áreas desmatadas e custo total produção (*CTprd*) para os produtos Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL).

Fase	Produtividade esperada (kg/ha)	Anos após do plantio	<i>Cform</i> (US\$/ha)	<i>CTprd</i> (US\$/kg)		
				CV	LL	FDL
Formação	0	1	3701,76			
		2	922,95			
		3	742,00			
		4	741,19			
		5	690,61			
		6	690,61			
Crescente	450	7		3,59	4,85	5,03
	650	8		1,81	2,44	2,53
	900	9		1,31	1,76	1,83
	1200	10		0,98	1,32	1,37
	1400	11		1,26	1,70	1,76
Estável	1500	12		0,95	1,29	1,33
		13		0,93	1,25	1,30
		14		0,93	1,25	1,30
		15		0,93	1,25	1,30
		16-30		0,94	1,27	1,31

Os coeficientes para calcular o custo de transporte (*Ctr*) para cada produto (*n*) aumentam proporcionalmente na medida em que incrementa a produtividade e foram determinados usando um valor base de 180 kg/ha das *seringueiras nativas* (Tabela 3). O custo total de transporte resulta da multiplicação do *Ctr<sub>n</sub>*, por *Q<sub>xy</sub>* e da distância desde a célula desmatada até a sede municipal.

Os *Cform<sub>xy</sub>* foram atribuídos a cada célula desmatada (*x* e *y*) e foi utilizada a mesma fonte de consulta para estruturar o custo total de produção (*CTprd*) (Tabela 3).

Os custos administrativos, assistência técnica e de extensão rural não foram inseridos. Na estrutura proposta neste trabalho, tanto o governo como a empresa compradora do produto serão os responsáveis por assumir esse custo.

Para o cálculo do Valor Anual Equivalente (VAE), foi utilizada a fórmula 6:

$$VAE = \frac{i(VPL)}{1-(1+i)^{-p}} \quad (6)$$

em que  $i$  é a taxa de juros e  $p$  é o número total de períodos de análise.

Finalmente, para cada cobertura de solo analisada, foram filtrados os maiores valores de  $VAE$  para espacializar as áreas com potencial econômico a ser explorado.

### 3. Resultados

#### 3.1 Análises da produção de borracha natural.

Em termos ecológicos, o presente estudo determinou um padrão de distribuição espacial aleatória da população adulta das *seringueiras nativas* (*Hevea spp*) na floresta da região sudeste do Acre.

Na Figura S1 do Material Suplementar, podemos observar 5 das 20 funções K Ripley's estimadas, seus respectivos envelopes de confiança, bem como os mapas das árvores de cada unidade de trabalho (UT). Os mapas estão em coordenadas UTM e seguem a orientação norte-sul. Foi aceita a hipótese de aleatoriedade até uma distância de 500 m, por ter os valores da função estimada K Ripley's dentro do intervalo de confiança da função teórica de aleatoriedade completa (Complete Spatial Randomness) ao 95% de confiança.

Três tipos de seringueiras ancestrais (Allied species) -Seringueira Real, Real branca e Vermelha- foram identificadas nas nove unidades produtivas visitadas, tendo apresentado diferenças na textura, na cor do córtex, do painel e do látex, além da sazonalidade na desfolha.

Diferenças na abundância, no número de indivíduos por seringueira ancestral também foram observadas (Tabela 5). Nas unidades produtivas, a Real Branca teve maior número de indivíduos, e a seringueira Vermelha foi encontrada em quatro das nove unidades visitadas. Diferenças na produtividade maiores que um litro por árvore por ano de látex não foram observadas entre Real e Real Branca.

De modo geral, a maioria da população adulta das *seringueiras nativas* (86%) tem um diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) entre 0,127 e 0,8 m e o restante (14%) entre o 0,8 e 1,26 m. A Seringueira Real foi o grupo com maior *dap* e maior produtividade em todas as unidades avaliadas.

Nas unidades de trabalho produtivas, foram observadas densidade média de 1,71 árvores por hectare, com desvio padrão de  $\pm 1,52$ , e produtividade anual de 2,07 litros/árvore, com um desvio padrão de  $\pm 0,6$ , que diminui no decorrer do número de colheitas (Figura 7 do Material suplementar)

Nas Figuras 4A e 4B estão os resultados da simulação da densidade (árvore/ha) e a produtividades (litros/árvore). Diferenças na distribuição espacial foram observadas, havendo locais com altas densidades e baixa produtividade e vice-versa.

A região sudeste do Acre apresentou uma densidade média simulada de 1,67 árvores/ha. Ao redor da capital do Estado, Rio Branco, foi observado a menor densidade nos remanescentes de floresta da localidade, por outro lado, na Resex Chico Mendes (RCM), há zonas que apresentam uma densidade representativa em torno de 5 árvores/ha (Figura 4A).

Tabela 5. Características da população de espécies ancestrais de seringueira (*Hevea spp*) observadas nas nove unidades produtivas avaliadas no sudeste do Acre.

Unidade Produtiva	Número de plantas	Número de plantas mortas	Abundância			Produtividade local anual (Litros/Árvore)			dap (m) <sup>1</sup>		
			Real	Real Branca	Vermelha	Real	Real Branca	Vermelha	Real	Real Branca	Vermelha
1	73	3	11	62	0	2,01	1,73	0	0,57	0,49	0
2	97	13	26	71	1	3,62	2,40	1,370	0,54	0,44	0,41
3	74	3	29	45	0	3,07	2,82	0	0,68	0,51	0
4	105	1	64	41	0	2,86	2,06	0	0,51	0,42	0
5	94	11	23	71	0	4,68	1,75	0	0,56	0,49	0
6	108	7	26	82	0	2,02	2,09	0	0,60	0,57	0
7	101	4	22	77	2	1,26	1,16	0,533	0,57	0,54	0,35
8	104	12	27	66	11	1,97	1,83	1,449	0,54	0,48	0,54
9	110	5	26	57	27	2,43	1,56	1,214	0,58	0,47	0,43

<sup>1</sup> dap = Diâmetro do fuste à altura de 1,3 m

A simulação média da produtividade foi de 2,26 litros/árvore. Os locais de floresta favorecidos foram as áreas contíguas as principais rodovias e cidades, como Capixaba, Rio Branco, Acrelândia e Porto Acre, atingindo produtividade máxima de 3 litros por árvore anual. Esses municípios se caracterizam por apresentar um alto grau de antropização ou presença de clareiras com

capoeira no meio dos remanescentes da floresta (Figura 4B).

Na verificação da simulação, os resultados médios simulados da densidade e produtividade das unidades de trabalho do inventário florestal foram superestimados em 21,6% e 31,8%, respectivamente, em relação aos valores observados nessas mesmas localidades. Por outro lado, os valores médios simulados para o sudeste do Acre foram similares em relação aos observados nas unidades de trabalho (Tabela 6)

A

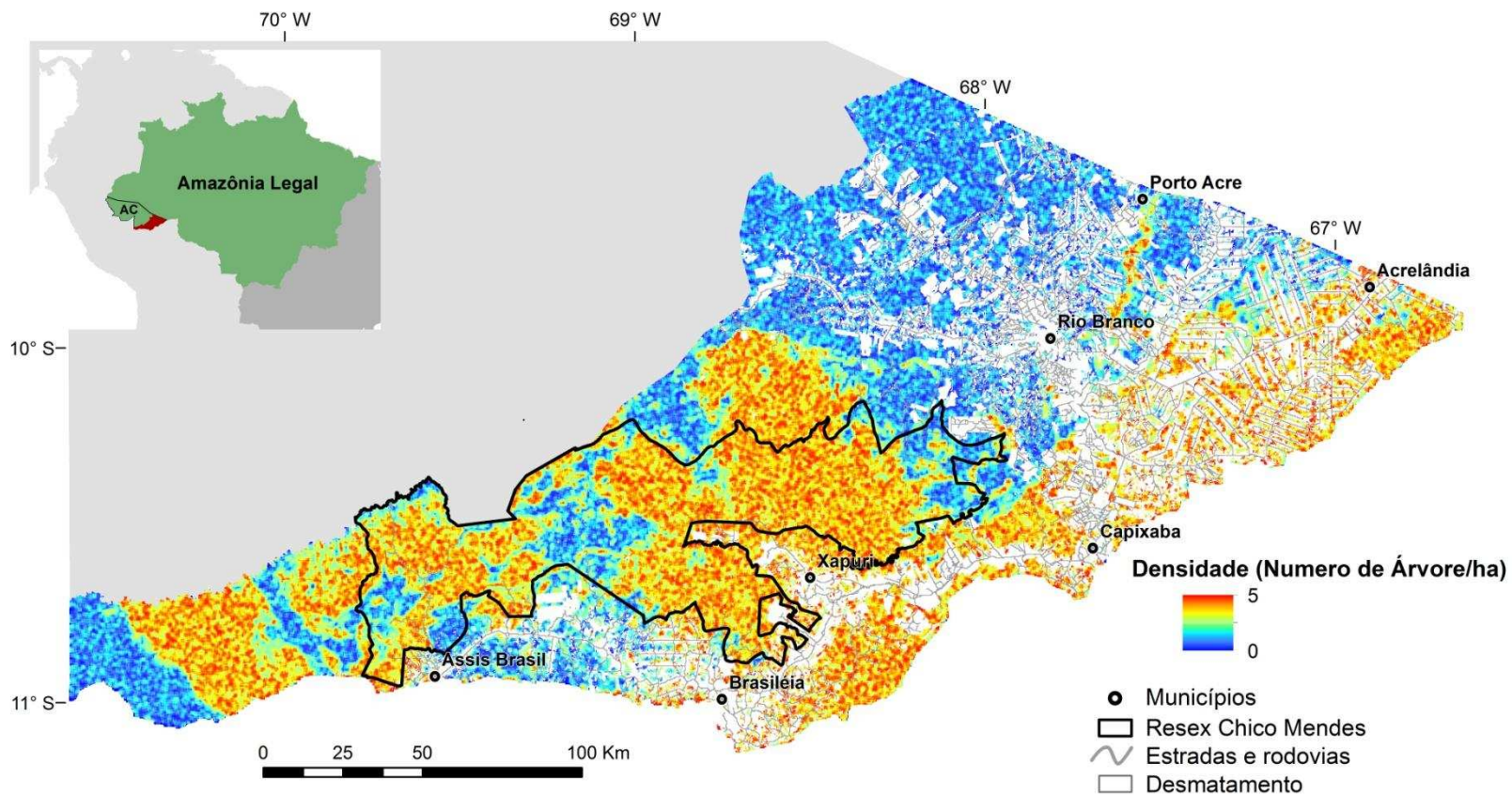


Figura 4. A densidade (árvores/ha) (A) foi multiplicada pela produtividade (litros/árvore) (B) vezes um conteúdo de borracha seca a 53% para obter a produtividade (kg/ha) (C) das seringueiras nativas das florestas do sudeste do Acre.



B

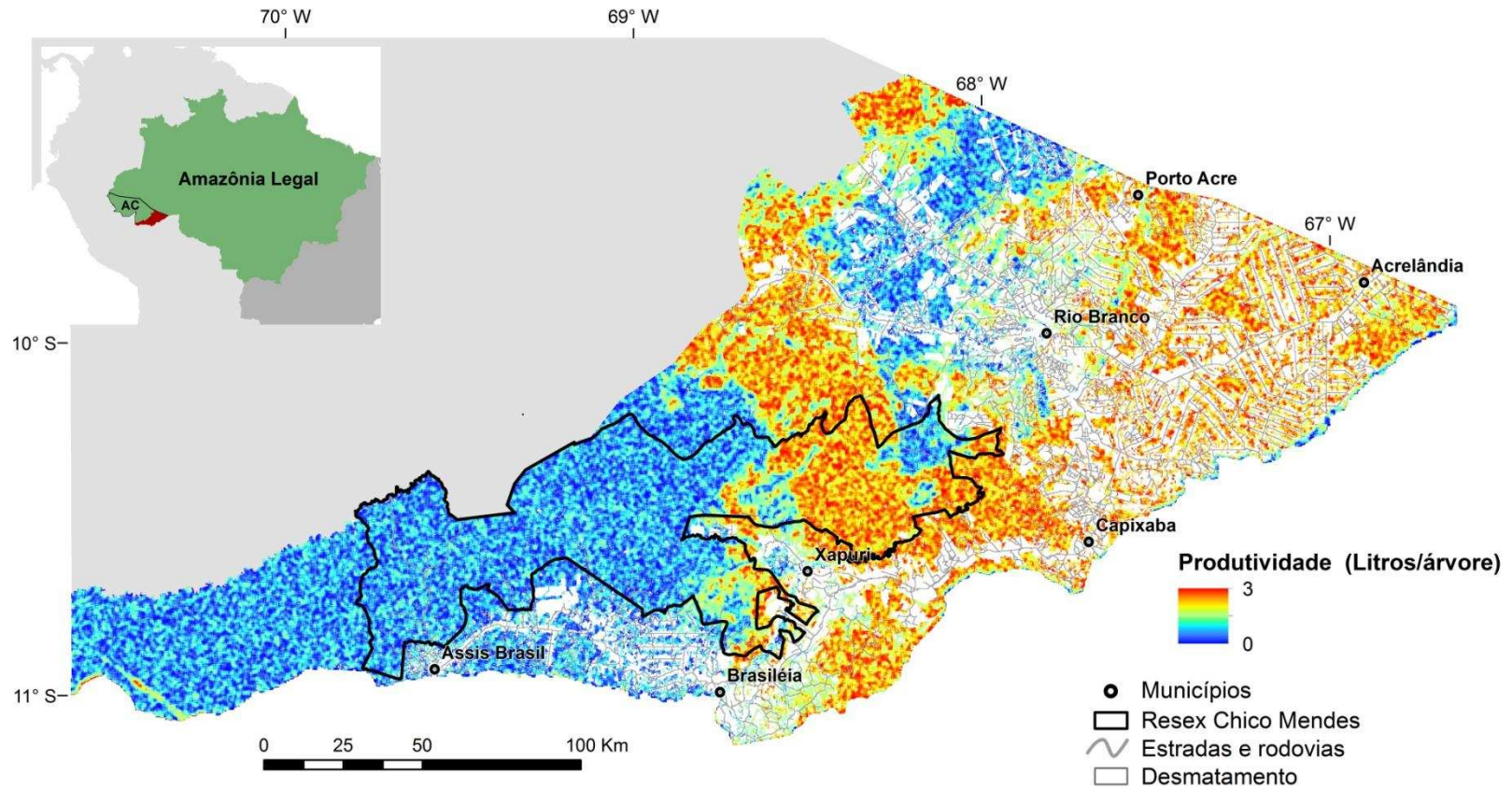


Figura 4. A densidade (árvores/ha) (A) foi multiplicada pela produtividade (litros/árvore) (B) vezes um conteúdo de borracha seca a 53% para obter a produtividade (kg/ha) (C) das seringueiras nativas das florestas do sudeste do Acre.

C

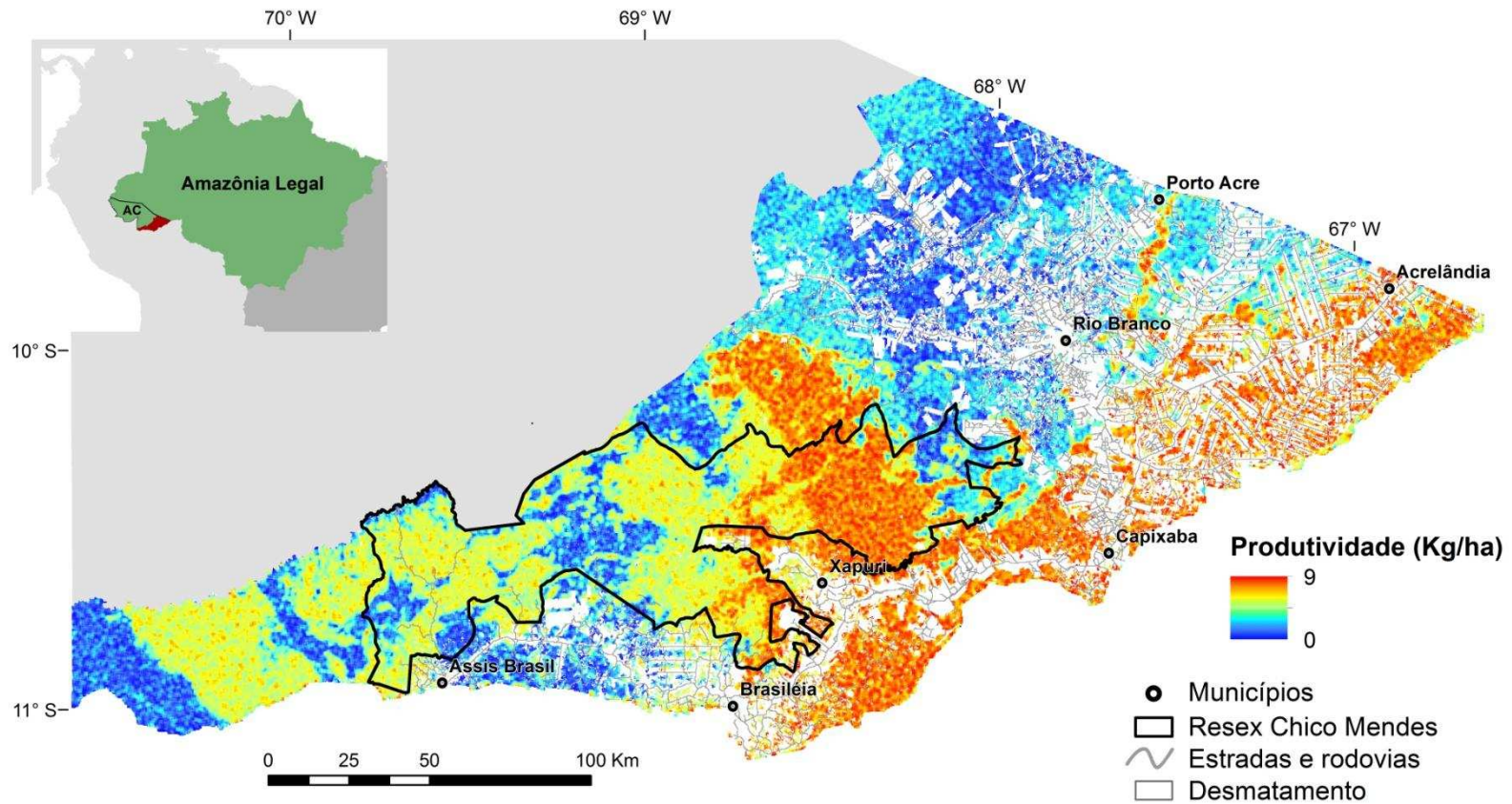


Figura 4. A densidade (árvores/ha) (A) foi multiplicada pela produtividade (litros/árvore) (B) vezes um conteúdo de borracha seca a 53% para obter a produtividade (kg/ha) (C) das seringueiras nativas das florestas do sudeste do Acre.

Os maiores valores de produção em kg/ha foram observados nos locais que têm maior chance de ter a máxima densidade de árvores/ha e produtividade de litros/árvore (Figura 4C). O modelo estimou uma produtividade potencial total das *seringueiras nativas* de 891,14 toneladas (t) de borracha seca nas 2,5 milhões de ha de floresta do sudoeste do Acre e de 300 t nas 0,77 milhões ha de floresta da RCM.

Tabela 6. Valores citados de densidade e produtividade das seringueiras nativas em estudos prévios. Valores médios observados e simulados nas unidades de trabalho (UT) e valores médios simulados nas florestas do sudoeste do Acre.

Parâmetro	Peters et al., (1989)	Degen (1999)	kageyama et al., (2008)	Souza et al., (2011)	Observado nas unidades de trabalho	Simulado nas unidades de trabalho	Simulado na área de estudo
Densidade (árvores/ha)	24	2-8	<5	0,007-3	1,71	2,08	1,67
Produtividade anual (litros/Árvore)	NC	NC	NC	4,5	2,07	2,73	2,26

NC: Não citados

A estimativa da produtividade potencial simulada excede em 16% os registros da Secretaria do Estado do Governo do Acre (Seplan) no mesmo ano de colheita da informação, 2009.

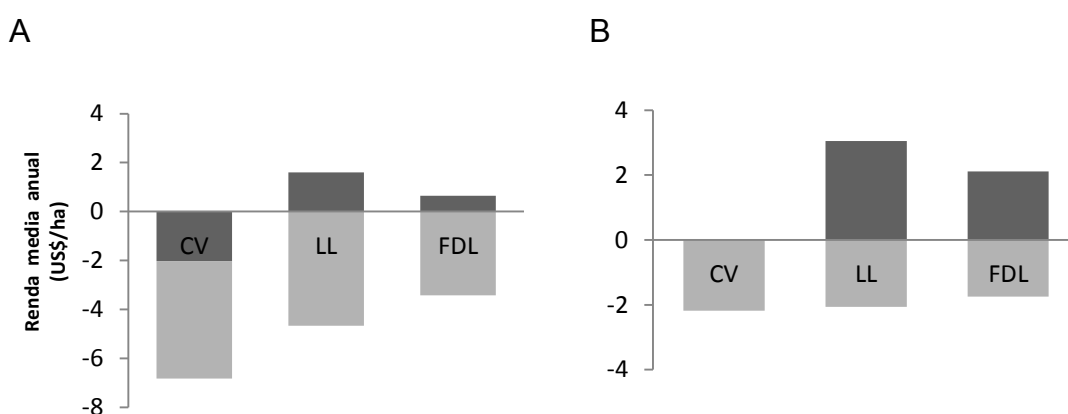


Figura 5. Renda média anual (US\$/ha) dos produtos Cerambi Virgem (CV) Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração de borracha nas florestas do sudoeste do Acre, nos cenários de produtividade total ( $Cprd_{Total}$ ) (A) e parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ) (B), na presença (PS) (■) e ausência (AS) (■) de subsídio.

Em termos econômicos, os resultados mostraram que não é rentável produzir e comercializar nenhum dos três produtos na ausência de subsídios de preço, tanto no cenário produtivo total ( $Cprd_{Total}$ ) como no parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ). O mesmo acontece com o produto CV no cenário  $Cprd_{Total}$ , na presença de subsídio (Figura 5).

No cenário  $Cprd_{Parcial}$ , na presença de subsídio, os três produtos apresentaram uma rentabilidade média positiva, sendo os produtos com maior renda o LL e o FDL. No entanto, observou-se que o produto CV tem uma renda próxima de zero.

O FDL pode ser um produto promissor nas áreas remotas (Assis Brasil, Bujari, Porto Acre, Brasileia) onde o látex coletado não pode ser levado semanalmente semi-conservado para a fábrica de processamento Natex (Figura 6).

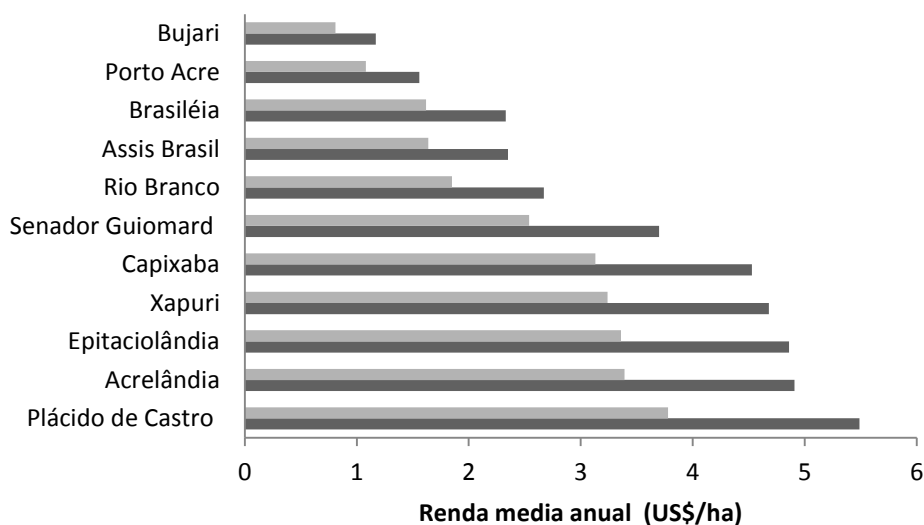


Figura 6. Renda média anual (US\$/ha) da produção de Látex líquido (LL) (■) e Folha Defumada Líquida (FDL) (■) da extração de borracha nas florestas dos municípios que formam o sudeste do Acre, no cenário produtivo parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença de subsídio.

No cenário  $Cprd_{Parcial}$ , na presença de subsídio, foi feita uma análise de sensibilidade do modelo de rentabilidade dos três produtos (Figura S8 e Tabela S4 do Material suplementar). Foi observado que a renda é diretamente proporcional aos preços e a produtividade e é inversamente proporcional aos custos de produção e de transporte. O preço foi o parâmetro com maior

influência, seguido pelos custos de produção, produtividade e custos de transporte nos três produtos no sudeste do Acre.

### 3.2 Potencial econômico da extração de borracha natural no sudeste do Acre.

O valor anual equivalente (VAE) estimado em US\$/ha dos três produtos no cenário ciclo parcial na presença de subsídio das *seringueiras nativas* foi positivo, Tabela 7, prevalecendo com maior lucro o LL.

Na figura 7A são observados os locais com valores máximos de VAE do LL da extração realizada na floresta da Resex Chico Mendes (RCM) e os locais onde esse produto não geraria um valor significativo ( $VAE < 0$ ).

Por outro lado, para borracha extraída de plantios simulados nas áreas desmatadas, o VAE foi positivo apenas para FDL, Tabela 7, por ter maior preço no mercado (Tabela 1).

Tabela 7. Valor anual equivalente (VAE) médio em US\$/ha dos produtos Cernambi Virgem (CV) Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração de borracha natural nas seringueiras nativas na floresta e da simulação do plantio nas áreas desmatadas para o sudeste do Acre.

Cenários	Produtos		
	CV	LL	FDL
Floresta Seringueira nativa	0,015	3,24	2,25
Desmatada Seringueira plantio	-748	-123,74	271,68

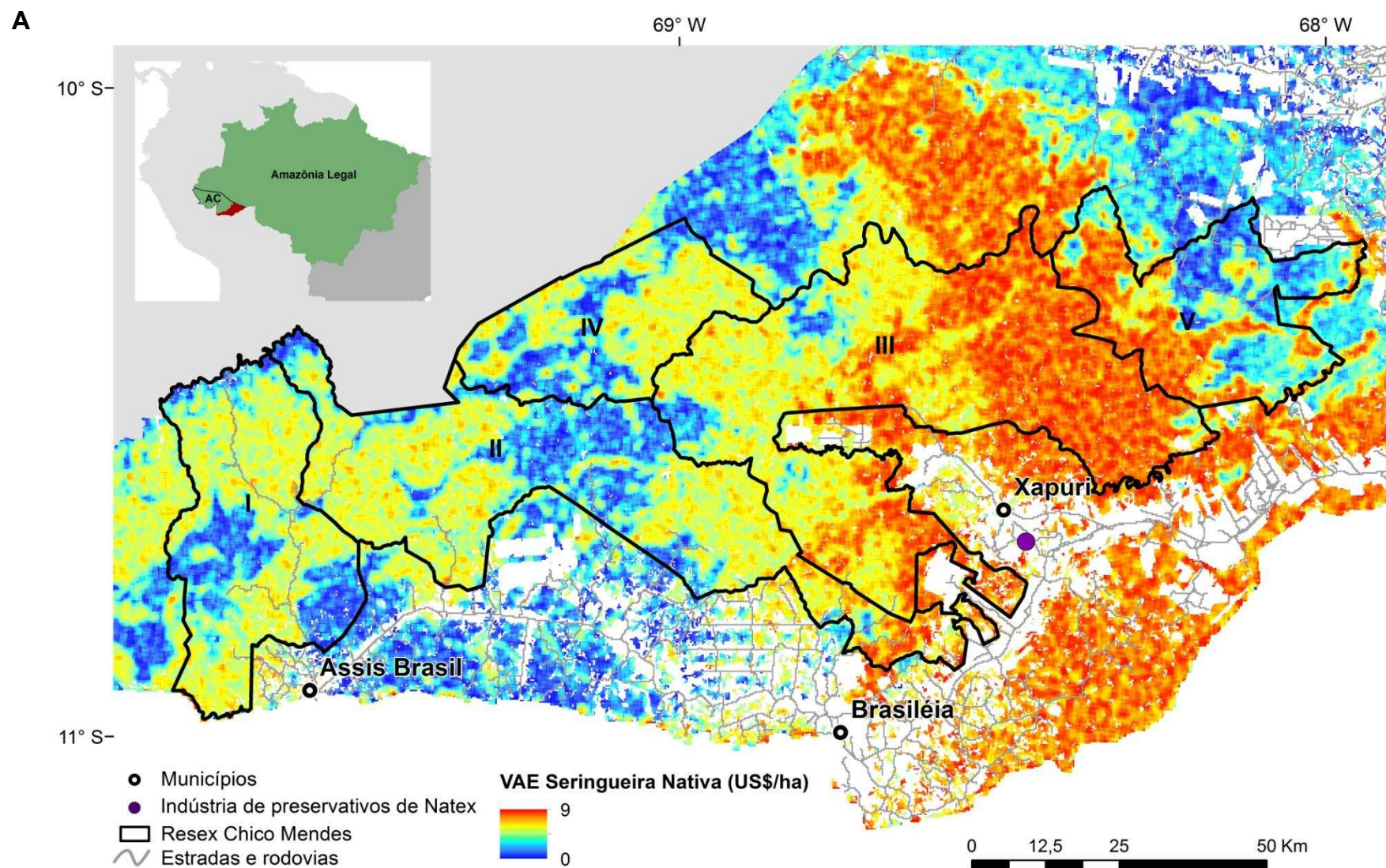


Figura 7. Valor anual equivalente (US\$/ha) do produto Látex Líquido (LL) da extração realizada das seringueiras nativas na floresta (A) e da simulação de plantio nas áreas desmatadas (B). A Reserva Extrativista Chico Mendes (RCM) e as associações de moradores formam a AMOPREAB (Zona I), AMOPREBE (Zona II), AMOPREX (Zona III), AMOPRESEMA (Zona IV) e AMOPRECARB (Zona V)

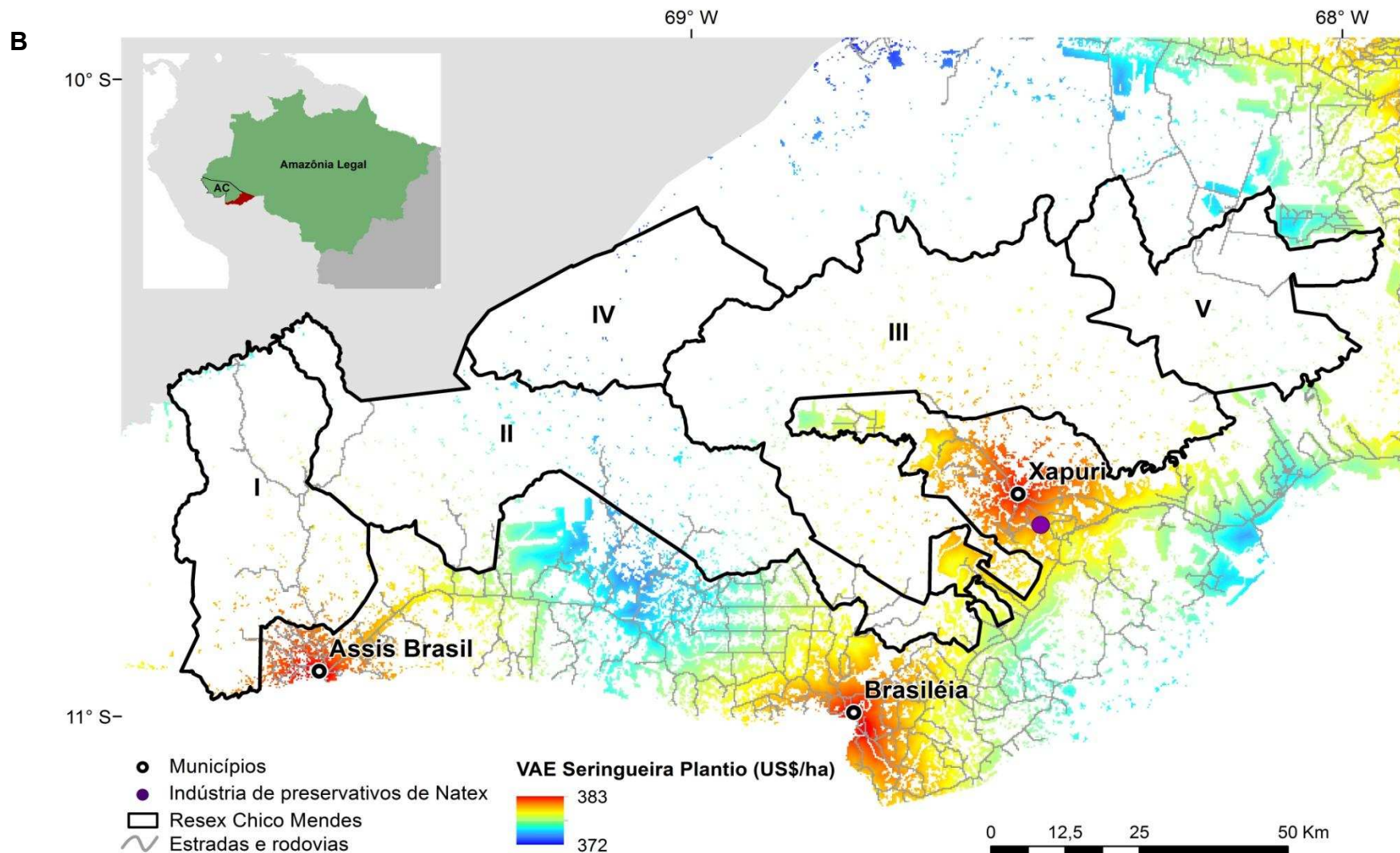


Figura 7. Valor anual equivalente (US\$/ha) do produto Látex Líquido (LL) da extração realizada das seringueiras nativas na floresta (A) e da simulação de plantio nas áreas desmatadas (B). A Reserva Extrativista Chico Mendes (RCM) e as associações de moradores formam a AMOPREAB (Zona I), AMOPREBE (Zona II), AMOPREX (Zona III), AMOPRESEMA (Zona IV) e AMOPRECARB (Zona V).

O produto látex líquido (LL), por gerar maior renda da extração realizada na floresta e ter um mercado estabelecido através da empresa de preservativos Natex, neste trabalho, foi proposto como alternativa para viabilizar economicamente o produto LL da extração de látex realizada na simulação das seringueiras de plantio.

A proposta consiste em que o governo ou empresa, além de assumir os custos administrativos e de assistência técnica, auxilie os plantadores de seringueira nos primeiros sete anos da cultura. Os custos de formação estimados neste modelo econômico para o ano 2012 seriam de 7489,12 US\$/ha.

Através da estimativa dos custos do transporte, foi obtida a espacialização do VAE do produto LL da extração de látex realizada nas áreas desmatadas. Os valores máximos em US\$/ha foram observados ao redor das principais sedes municipais e os mínimos estão nas áreas desmatadas dentro da floresta (Figura 7B).



## 4. Discussão

### 4.1 Aspectos ecológicos da Seringueira

O padrão aleatório de distribuição das *Hevea spp* na floresta do sudeste do Acre, encontrado neste estudo, se diferencia da maioria de espécies florestais nativas adultas tropicais, que apresentam padrões agregados (Condit et al., 2000), onde sua distribuição espacial dentro da floresta está limitada a condições climáticas e biofísicas restritas.

Seringueiras ancestrais como a *H. brasiliensis* e *H. guianensis* têm abrangência geográfica na floresta Amazônica (Priyadarshan e Goncalves, 2003), e essa característica particular pode estar fortemente relacionada com o padrão aleatório de distribuição espacial encontrado neste trabalho.

Outras espécies Amazônicas com padrões aleatórios como a *Dipteryx odorata* (Aubl.), Willd. e a *Copaifera reticulata* Ducke têm plasticidade de adaptação aos diferentes estados da floresta, inalterada e alterada (Herrero-Jáuregui et al., 2012), além de serem espécies com ampla abrangência geográfica.

A ocorrência natural de espécies ancestrais como a Seringueira Real, Real branca e Vermelha, observadas neste trabalho com diâmetros superiores 1,26 m, evidencia sua plasticidade a condições limitantes, como a presença da doença de mal das folhas da seringueira.

Desta forma, as espécies ancestrais avaliadas abrangem uma ampla gama genética sob condições estressantes bióticas e abióticas através da floresta Amazônica (Verheye, 2010; Pires et al., 2002; Gomes e Albuquerque, 2000).

O resultado pode indicar que as espécies que têm um padrão aleatório podem ter versatilidade na adaptação a diferentes condições limitantes ou de estresse biótico e abiótico, característica fundamental para os processos de domesticação em outros locais além de seu habitat natural.

A simulação da distribuição espacial da densidade favoreceu áreas internas da floresta concentradas no interior da Resex Chico Mendes (RCM), onde a vegetação natural apresenta um grau maior de conservação. Ao contrário, a simulação espacial da produtividade (litros/árvore) favoreceu as áreas limítrofes da RCM, onde estão as maiores áreas antropizadas.

A verificação do resultado médio da simulação da produção borracha seca potencial (891,14 toneladas por ano) extraída das 2,5 milhões de ha de floresta da área de estudo tem incertezas, uma vez que os poucos registros para o Acre apresentam divergências em todas as diferentes fontes consultadas neste trabalho (Figura S9A do Material suplementar).

Os registros de produção subsidiada e publicada pela Seplan nos anos anteriores ao 2009 apresentam valores abruptos (>2200 toneladas de borracha seca) para o sudeste do Acre, que podem ser devidos à reativação dos 1146 hectares de plantios de seringueiras existentes (IBGE, 2009) nos anos de 2004 e 2005 (Figura S9B do Material suplementar).

Com a finalidade de garantir que os registros de produção de borracha seca sejam provenientes das florestas e não de plantios estabelecidos no Estado do Acre, foram consultados os dados da Superintendência da Borracha, no ano anterior ao início do programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural Pobor I (1972), que promovia a implementação de 18.000 hectares de seringueiras de cultivo na Amazônia.

Dessa forma, no Acre, no ano de 1971, foi registrada uma produção de 8000 toneladas de borracha seca (Sudhevea, 1971). Se o sudeste do Acre, no ano antes de redefinição dos limites do Estado (2004), tinha 23,63% da área territorial (15,19 milhões de ha), a área de estudo produzia 1.891 toneladas de borracha seca, antes dos plantios de seringueira fomentados pelos programas de Governo Federal.

A redução da floresta, a idade das árvores e o fogo são causas que reduzem a produção de borracha seca nos seringais nativas (Schroth et al., 2003) e podem estar relacionadas com a redução da metade da produção na floresta após 37 anos, quando se realiza a comparação entre registros da Sudhevea e os resultados médios da produção potencial de seringueira nativa simulada neste trabalho.

A simulação em kg/ha de borracha natural indicou as áreas com maior densidade e produtividade das seringueiras nativas. O município de Xapuri foi o maior produtor e consegue produzir 218,3 toneladas de borracha seca nos 410,16 mil hectares de florestas.

O município se caracteriza por ter projetos de Assentamento Extrativista que permitem o manejo florestal sustentável e a formação de clareiras, e esta

interação entre floresta e intervenção conduz a um tipo de vegetação que, possivelmente, tenha favorecido as variáveis ecológicas densidade (árvores/ha) e produtividade anual (litros/árvore) avaliada.

O aumento da produtividade pela implementação de plantios de seringueira em áreas com certo grau de antropização ou desmatadas é a única estratégia plausível para conservar o serviço de fornecimento de borracha natural no Acre.

As áreas desmatadas apresentam locais com condições climáticas desfavoráveis para surtos da doença do mal das folhas pela interferência na produção de esporos do fungo *Microcyclus ulei*. Nesses locais, podem ser plantados diferentes clones que têm tolerância ou resistência horizontal à doença (Camargo et al., 2003). Por outro lado, para assegurar uma produtividade de 1500 kg/ha na fase estável, é necessário um zoneamento numa microescala da cultura nas áreas desmatadas para o sucesso da plantação.

Neste estudo, o zoneamento não foi conduzido por falta de estações meteorológicas com séries históricas maiores de 30 anos, dados epimedológicos e de produtividade nas áreas de estudo analisadas neste trabalho.

Há escassez de dados básicos sobre a ecologia, biologia e produção da maioria das árvores nativas da Biorregião Amazônica (Homma, 2008; Rankin-de-merona e Ackerly, 1987).

A pesquisa científica em populações nativas de *Hevea spp* tem se concentrado na busca por materiais genéticos de alta produção de látex (Priyadarshan e Goncalves, 2003). Pesquisas relacionadas com a reprodução e distribuição do gênero dentro da floresta Amazônica, práticas de manejo florestal, estabelecimento de plantios, produtividade são escassas ou não têm sido publicadas.

Existem altas divergências nas pesquisas já publicadas quanto aos valores médios da densidade e da produtividade das *seringueiras nativas* na floresta amazônica, Tabela 6, e a maioria das pesquisas relacionadas com plantios de seringueira no Brasil se concentram nos estados produtores como São Paulo e Espírito Santo.

Neste estudo, foi usada toda informação já existente publicada, além das informações obtidas no campo, para simular e obter o potencial de produtividade nas áreas de interesse, como a RCM, onde os dados relacionados aos aspectos ecológicos das *seringueiras nativas* ou de plantio na Amazônia são escassos. Por tal motivo, nosso modelo não conseguiu ser validado estatisticamente.

#### **4.2 Aspectos econômicos da atividade de extração de Borracha.**

Na ausência de subsídio de preço, a atividade de extração de borracha é economicamente inviável para o extrativista, uma vez que os custos totais são maiores que os ingressos obtidos, tendo ele que escolher outro recurso ou entrada econômica para a sobrevivência, como acontece com a maioria de produtos florestais não madeireiros (Heubach et al., 2011; Shone e Caviglia-Harris, 2006).

A renda do produto Cernambi virgem (CV), no cenário ciclo produtivo parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença de subsídio, indicou que o extrativista pode pagar os custos totais, mas em compensação recebe um lucro quase nulo. O resultado indica que a transformação de um recurso natural com valor agregado é o passo inicial para sustentabilidade econômica.

A principal diferença dos cenários de ciclo produtivo total ( $Cprd_{Total}$ ) e  $Cprd_{Parcial}$  está na porcentagem de uso de mão de obra, de 91, 86 e 63% para  $Cprd_{Total}$  e de 83, 67, 47% para  $Cprd_{Parcial}$  do custo total de produção de CV, LL e FDL, respectivamente. A dispersão das *seringueiras nativas* na floresta faz com que a eficiência da mão de obra (litros coletados/dia) seja baixa, e a situação piora na época de menor produtividade (Figura S7 do Material suplementar).

A borracha e as sementes da castanha (*Bertholletia excelsa*) são os principais produtos florestais não madeireiros que têm mercado estabelecido no Acre. A colheita da castanha ocorre uma vez a cada ano, restringindo-se aos primeiros três meses, com renda de 3,64 US\$/ha.ano (7,28 R\$/ha.ano) (Nunes et al., 2011). Por tal motivo, o  $Cprd_{Total}$  é o cenário mais comum na RCM, mas não é o mais rentável, devido aos limitados ingressos monetários

provenientes das atividades econômicas permitidas para os moradores da floresta (Homma, 2008).

A análise de sensibilidade do modelo de renda no melhor cenário ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença de subsídio aos três produtos, seguiu a definição de Malthusian (Lenz, 1985).

Para o modelo, a renda é definida como a parcela de valor do produto total que sobra para o proprietário da terra, neste caso, o seringueiro, após o pagamento de todos os custos, de qualquer tipo, incluindo os lucros do capital empregado. Desta forma, a renda será o reflexo de bons preços, parâmetro principal do modelo, seguido pelo baixo custo total de produção e pela alta produtividade.

Entretanto, a renda que a atividade extrativista de látex na floresta gera no melhor cenário e produto (LL) é baixa quando comparada com outras atividades econômicas, condição preocupante na medida em que a conservação da floresta e dos bens e serviços que ela oferece para a sociedade estão na base das escolhas dos fazendeiros, agricultores e seringueiros em relação aos usos sustentáveis ou não da floresta.

A pecuária é uma atividade econômica cada vez mais atraente e rentável para a manutenção de um número crescente de pequenos agricultores e seringueiros. O incremento das áreas de pastagem no Acre começou na década de 1970 e 1980, simultaneamente, com os programas Probor I, II, III. As dificuldades da heveacultura no Acre têm desencadeado mudanças na identidade do seringueiro como protetor da floresta para fazendeiros pecuaristas (Gomes et al., 2012).

Bowman et al. (2012) utilizaram um modelo espacialmente explícito para determinar a renda anual por hectare da pecuária extensiva na Amazônia. Para o cenário em que se considerou a especulação da terra, sem se pagar pela aquisição, o maior valor obtido foi de 50 US\$/ha ao redor Rio Branco (AC).

Se o VPL da pecuária extensiva obtida por Bowman e colegas (2012) fosse utilizado para calcular o VAE usando a mesma taxa de juros e períodos propostos pelos autores (5 % a.a e 30 anos de análise), a capital Rio Branco e os municípios ao redor poderiam ter VAE da pecuária de 17US\$/ha.

Não obstante, para o Governo Federal, assumir um preço competitivo para manter atividade extrativista de látex é insustentável economicamente. Para a

borracha extraída na floresta no cenário  $C_{prd_{Parcial}}$ , mantendo o subsídio nos custos fixos e nos custos de transporte, o preço por quilograma teria que ser o dobro da subvenção atual (3,9 US\$/kg) ou 4,12 vezes maior que o preço no mercado (1,89 US\$/kg), para atingir VAE competitivo frente à pecuária, usando a mesma taxa de juros e período de análise.

Desta maneira, será preciso acudir a outro mecanismo como o incremento da produtividade para garantir o serviço de fornecimento de borracha natural. Essa alternativa é viável porque, atualmente, o sudeste do Acre conta com indústria que compra o látex produzido localmente.

#### **4.3 Viabilidade da borracha natural na Resex Chico Mendes.**

As áreas desmatadas do sudeste do Acre apresentam viabilidade ecológica e econômica para as plantações de seringueira. Os maiores valores da distribuição da produtividade (litros/árvore) das seringueiras nativas foram observados nas florestas contíguas às áreas antropizadas, e o produto FDL apresentou um valor anual equivalente (VAE) maior que zero nas áreas desmatadas analisadas, por ter maior preço no mercado nacional.

O FDL pode ser produzido em pequenas unidades de produção e secagem onde o látex é coletado, coagulado, prensado e transformado em folhas. Posteriormente, é armazenado nos centros comunitários até ter uma quantidade representativa para ser transportada e vendida. Ao contrário, o LL coletado para produção de preservativos masculinos tem que ser levado semanalmente semiconservado em hidróxido de amônia para a fábrica de processamento Natex, aumentando os custos de transporte.

Desta forma, segundo relatos da experiência dos seringueiros com o produto FDL, ele não tem sucesso quando comparado com LL, principalmente devido aos conflitos na forma de pagamento por parte da empresa compradora (Veja, <http://www.veja-store.com/>) e da fornecedora (Associação dos Moradores e produtores da Resex Chico Mendes AMOPREAB, zona I), além da subvenção que o extrativista recebe da cooperativa.

Assim, para o extrativista de FDL, não é viável o recebimento pela venda de produto fracionada em três quantidades, por ser uma das poucas atividades econômicas com as quais pode ter receitas. Allegretti (2011) relatou que a

baixa produção está relacionada com o preço inadequado face aos altos custos de produção e a dificuldades tecnológicas com os equipamentos.

O produto LL tem vantagens no sudeste do Acre, como a empresa de preservativos masculinos Natex consolidada, que gera cerca de 150 empregos diretos na indústria e renda a 700 famílias extrativistas das 2000 registradas na RCM, além de o produto ter maior renda no melhor cenário ( $Cprd_{Parcial}$  na presença de subsídio), nas seringueiras nativas.

A existência ou desaparecimento desta indústria dependerá da correta tomada de decisão por parte do Governo Federal e Estadual. O Governo é o principal comprador da produção de preservativos masculinos, sendo que, no ano de 2012, a empresa produziu setenta milhões de preservativos, que foram repartidos gratuitamente à população como parte do programa nacional anti-AIDS (The Economist, 2012).

Pelo anterior, neste trabalho, foi viabilizado economicamente o produto LL de seringueira de plantio nas áreas desmatadas, mediante auxílio que o Governo do Acre pôde dar aos produtores, reduzindo os custos de formação. Desta forma, o VAE médio deste produto passou de -123,74 para 378,85 US\$/ha, utilizando o preço de mercado nacional sugerido pela Conab para o Brasil.

Nas Figuras 7A e 7B podem ser observadas as zonas geopolíticas da Resex Chico Mendes (RCM). No ano de 2008, a RCM foi reorganizada em cinco associações de moradores: AMOPREAB (Zona I), AMOPREBE (Zona II), AMOPREX (Zona III), AMOPRESEMA (Zona IV) e AMOPRECARB (Zona V). Isto foi importante para facilitar o desenvolvimento de políticas de Reordenamento e Regularização Fundiária. Cada associação tem sua liderança, como também participa e executa o plano de utilização da reserva, que é o regulamento principal dentro da RCM.

Na Figura 7A, pode ser observada a distribuição do valor anual equivalente (VAE) (US\$/ha) do produto LL, da extração de látex das *seringueiras nativas*, nos 769 mil ha de floresta da RCM.

Na zona III, com 270 mil ha de floresta, estão os valores máximos de 9 US\$/ha e uma média de 4,9 US\$/ha de VAE. Os valores máximos são observados próximos à empresa Natex, no município de Xapuri, onde são

feitas a centrifugação e a fabricação do preservativo, além de o município contar com ramais e estradas para o transporte do produto.

Por outro lado, as zonas mais afastada da Natex, a I, II, IV e V, com área florestal de 120, 190, 87 e 100 mil hectares, respectivamente, apresentam uma alta proporção de locais com VAE próximos de zero. Nesses locais, são observadas baixas densidades de árvores nativas de seringueira e/ou produtividades.

Os locais com baixo VAE se tornam vulneráveis a mudanças na cobertura de solo, uma vez que a sobrevivência ou a capitalização baseada na destruição dos recursos naturais tem sido constante na Amazônia, tanto por extrativistas, como por pequenos, médios e grandes produtores na Amazônia (Homma, 2008).

Na Figura 7B, pode ser observada a distribuição do VAE (US\$/ha) do produto LL, da simulação do plantio com auxílio nos custos de formação, nas 19,72 mil ha desmatadas da RCM.

A zona III apresenta a maior área desmatada (7,98 mil ha) e os máximos VAE (381 US\$/ha). As zonas I, II, IV e V, que têm uma área desmatada, respectivamente, de 2,7, 7,2, 0,3 e 1,49 ha, apresentam um VAE entre 374 e 380 US\$/ha, sendo que os VAE mínimos estão no interior da RCM.

Se fossem destinadas as áreas desmatadas da zona III para plantio de seringueira, o VAE médio dos moradores da RCM passaria de 4,9 US\$/ha para 384,5 US/ha mantendo a atividade extração de látex das seringueiras nativas.

Por outro lado, as áreas amortecimento da RCM desmatadas podem ser viáveis economicamente por terem os maiores VAE (383 US\$/ha) ao redor dos municípios (Figura 7B).

Comparando os VAEs dos dois sistemas produtivos, a heveacultura poderia ser uma atividade competitiva economicamente frente à pecuária. Desta maneira, o incremento da produtividade pode ser um mecanismo viável para manter o serviço de fornecimento de borracha natural do sudeste do Acre, contribuindo na redução da pressão dos agentes de desmatamento como as grandes culturas, a pecuária e a agricultura familiar, que têm crescido na Amazônia ocidental (Müller et al., 2013).



## 5. Conclusões

O estado do Acre, nos últimos anos, tem avançado nos esforços econômicos e políticos para proteger e sustentar as 3,54 milhões de hectares de unidades de conservação de uso sustentável. A consolidação da organização social mediante a reativação da cadeia de borracha natural na RCM pode ser um exemplo disso. Alternativa de menor custo em relação à contratação de um guarda-parque para proteger 300 ha, área média que uma família de um seringueiro tem por direito.

Considerando que o ato de desmatar por corte raso é um reflexo da situação econômica ou da afinidade do empreendedor por outras formas de uso da terra, o subsídio para as *seringueiras nativas* pode ser uma das ferramentas que ajudam a conter a retirada total da vegetação florestal.

Entretanto, o subsídio por subvenção não abrange equitativamente todas as zonas da RCM, desta forma, não é linear a política de redução das desigualdades da renda da atividade de extração de látex porque a densidade e a produtividade das seringueiras nativas são variáveis no sudeste do Acre.

O trabalho valorou em termos monetários os benefícios locais do fornecimento de borracha natural, sendo um guia para valorizar outros produtos Amazônicos com interesse econômico. Por outro lado, não foi possível valorar monetariamente outros benefícios que oferece a borracha natural ao Brasil e à comunidade global, como a produção de preservativos masculinos e a biodiversidade genética.

O produto CV tende a desaparecer no sudeste do Acre, ao contrário do LL, que cada vez se torna consolidado a nível local. Por este motivo, a inserção de um valor agregado ao produto primário pode ser uma estratégia para incrementar seu valor.

O incremento da produtividade pode ser ampliada em prazo médio a nível local por meio de políticas de fomento. Áreas desmatadas destinadas a sistemas produtivos com viabilidade ecológica e econômica, como a *seringueiras de plantio*, podem ser uma alternativa de renda para os seringueiros dentro da RCM e para os fazendeiros na área de amortecimento da reserva.

Valores anuais equivalentes superiores a 380 US\$ por hectare que o sistema de *seringueiras de plantios* pode gerar influem nas escolhas e evitam a retirada da floresta para a implementação de outros sistemas como a pecuária e a agricultura, em pequena escala.

A sobrevivência da empresa de preservativos masculinos Natex e da cultura da seringueira no Acre vai depender do fortalecimento da cadeia produtiva pelo fomento do plantio incentivado e do incentivo em ciência e tecnologia.

Os investimentos nacionais e internacionais de conservação de florestas (e.g. REDD+) podem ser dirigidos ao auxílio nos custos de formação das plantações de seringueira, que, para 60% da área total da área desmatada (0,54 milhões de ha) seria uma investimento inicial de 4 milhões de dólares, além de um sistema de monitoramento de pragas e doenças e assistência técnica. Esses investimentos contribuiriam para a proteção dos bens e serviços que a floresta oferece a nível local, nacional e à comunidade global.

## 6. Referências Bibliográficas

- Agterberb, F., Bonham-Carter, G., 1990. Deriving weights of evidence from geoscience contour maps for the prediction of discrete events, in: Proceeding 22nd APCOM Symposium, Technical University of Berlin. Berlin, Germany, pp. 381–395.
- Allegretti, M., 2011. Políticas, produtos e iniciativas exemplares do extrativismo, in: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Ed.), Soerguimento Tecnológico e Econômico do Extrativismo na Amazônia. Brasília, DF, pp. 279–375.
- Baddeley, A., Turner, R., 2005. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *J. Stat. Softw.* 12, 1–42.
- Bowman, M.S., Soares-Filho, B.S., Merry, F.D., Nepstad, D.C., Rodrigues, H., Almeida, O.T., 2012. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production. *Land use policy* 29, 558–568.
- Bonham-Carter, G., 1994. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Pergamon press, New York.
- Camargo, Â.P., Marin, F.R., Camargo, M.B., 2003. Zoneamento Climático da Heveicultura. Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos 24, Campinas - São Paulo.
- Chiabai, A., Trivisi, C.M., Markandya, A., Ding, H., Nunes, P.A.L.D., 2011. Economic Assessment of Forest Ecosystem Services Losses: Cost of Policy Inaction. *Environ. Resour. Econ.* 50, 405–445.
- Condit, R., Ashton, P.S., Baker, P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., Hubbell, S.P., Foster, R.B., Itoh, A., LaFrankie, J. V., Lee, H.S., Losos, E., Manokaran, N., Sukumar, R., Yamakura, T., 2000. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. *Science* (288) 5470, 1414–1418.
- Cornish, K., 2001. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species. *Phytochemistry* 57, 1123–34.
- Degen, B., 1999. Dendrobase User's Manual. INRA Station de Recherchee Forestieres Couru Cedex, France D.O.M: Guyane.
- Fisher, B., Bateman, I., Turner, R., 2011. Valuing ecosystem services: benefits, values, space and time. *Ecosyst. Serv. Econ. - Work. Pap. Ser. Div. Environ. Policy Implementation*, UNEP 3, 4–11.
- Fisher, B., Turner, R., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.* 68, 643–653.

- Flores, M.X., 2003. Política Atual do Ministério da Agricultura e do Abastecimento para incentivo à Produção de Borracha Natural, in: Frazão, D.A.C., Cruz, E. de S., Viégas, I. de J.M. (Eds.), *Seringueira na Amazônia, Situação Atual e Perspectivas*. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, pp. 15–23.
- Gomes, C.V.A., Vadjunec, J.M., Perz, S.G., 2012. Rubber tapper identities: Political-economic dynamics, livelihood shifts, and environmental implications in a changing Amazon. *Geoforum* 43, 260–271.
- Gomes, J., Albuquerque, J., 2000. Características botânicas do genero *Hevea*, in: Viégas, I. de J.M., de Carvalho, J.G. (Eds.), *Seringueira: Nutrição e Adubação no Brasil*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília, DF pp. 17-34.
- Gonçalves, R.C., Sá, C.P., Duarte, A.D.F., Bayma, M.M.A., 2013. Manual de Heveicultura para a Região Sudeste do Estado do Acre. Embrapa Acre. Documentos 128, Rio Branco - Acre.
- Gouyon, a., Foresta, H., Levang, P., 1993. Does 'jungle rubber' deserve its name? An analysis of rubber agroforestry systems in southeast Sumatra. *Agrofor. Syst.* 22, 181–206.
- Governo do estado do Acre, 2010. Florestas Plantadas. Available online URL <http://www.agencia.ac.gov.br/noticias/acre/florestas-plantadas> (18 January 13).
- Governo do estado do Acre, 2011. Extrativismo Vegetal, in: Secretaria de Estado de Planejamento SEPLAN (Ed.), *Acre em Números*. Portal do Governo do Acre, Acre, pp. 136–137.
- Gronover, C., Wahler, D., Prüfer, D., 2011. Natural rubber biosynthesis and physic-chemical studies on plant derived latex, in: Elnashar, M. (Ed.), *Biotechnology of Biopolymers*. InTech, Croatia.
- Herrero-Jáuregui, C., Sist, P., Casado, M.A., 2012. Population structure of two low-density neotropical tree species under different management systems. *For. Ecol. Manage.* 280, 31–39.
- Heubach, K., Wittig, R., Nuppenau, E.-A., Hahn, K., 2011. The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: A case study from northern Benin. *Ecol. Econ.* 70, 1991–2001.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978.
- Homma, A.K.O., 2008. Extrativismo, Biodiversidade e Biopirataria na Amazônia. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF.

- IBGE, 2009. SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados Available online URL <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1613> (18 January 13).
- IBGE, 2011. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Available online URL [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=45](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=45) (18 January 13).
- Informa economics FNP, 2013. Seringueira, in: FNP informa economics South America. Consultoria e informações em agronegócios (Ed.), Agriannual - Anuário Da Agricultura Brasileira. São Paulo, pp. 411–416.
- Itoh, A., Yamakura, T., Ohkubo, T., Kanzaki, M., Palmiotto, P., Tan, S., Lee, H.S., 2003. Spatially aggregated fruiting in an emergent Bornean tree. *J. Trop. Ecol.* 19, 531–538.
- Kageyama, P., Caron, D., Gandara, F., Martins, K., Wadt, Lh.O., Lacerda, C. de, Boufleuer, N.T., Ribas, L.A., Moreno, M.A., Ferraz, E.M., 2004. Genetic and ecological aspects of nonwood forest product exploitation in two western Amazonian settlements, in: Vicenti, B., Weber, A., Meilleur, B. (Eds.), *Challenges in Managing Forest Genetic Resource for Livelihoods: Examples from Argentina and Brazil*. International Plant Genetic Institute - IPGRI, Rome, pp. 149–217.
- Killeen, T., 2007. A perfect storm in the Amazon wilderness. *Adv. Appl. Biodivers. Sci* 7, 1–102.
- Lenz, M.H., 1985. A Teoria da Renda da Terra: Ricardo e Malthus. *Ensaio FEE* 6, 81–104.
- Lieberei, R., 2007. South American leaf blight of the rubber tree (*Hevea* spp.): new steps in plant domestication using physiological features and molecular markers. *Ann. Bot.* 100, 1125–1142.
- Liu, S., Costanza, R., Farber, S., Troy, A., 2010. Valuing ecosystem services. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1185, 54–78.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*. Island Press., Washington, DC.
- Ministério do Meio Ambiente -MMA, 2006. Plano de Manejo Reserva Extrativista Chico Mendes [icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br). Available online URL <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonia/2016-resex-chico-mendes.html> (18 January 13).

- Müller, R., Pistorius, T., Rohde, S., Gerold, G., Pacheco, P., 2013. Policy options to reduce deforestation based on a systematic analysis of drivers and agents in lowland Bolivia. *Land use policy* 30, 895–907.
- Nunes, F., Soares-Filho, B., Giudice, R., Rodrigues, H., Bowman, M., Silvestrini, R., Mendoza, E., 2012. Economic benefits of forest conservation: assessing the potential rents from Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru, to channel REDD+ investments. *Environ. Conserv.* 39, 132–143.
- Nunes, F.S. de M., Soares-Filho, B., Rodrigues, H., 2011. Valorando a Floresta em pé: A Rentabilidade da Castanha do Brasil no Acre, in: IX Encontro Da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Brasília, DF.
- Peters, C.M., Gentry, A.H., Mendelsohn, R.O., 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339, 655–656.
- Pires, J.M., Secco, R. de S., Gomes, J.I., 2002. Taxonomía e Fitogeografia das Seringueiras (*Hevea* spp.). Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.
- Priyadarshan, P.M., Goncalves, P.D.S., 2003. Hevea gene pool for breeding. *Genet. Resour. Crop Evol.* 50, 101–114.
- Rankin-de-merona, J.M., Ackerly, D.D., 1987. Estudos Populacionais de Árvores em Florestas Fragmentadas e as Implicações para conservação In Situ das mesmas na Floresta tropical da Amazônia Central. *IPEF* 35, 47–59.
- Salisbury, D., Schmink, M., 2007. Cows versus rubber: Changing livelihoods among Amazonian extractivists. *Geoforum* 38, 1233–1249.
- Schroth, G., Coutinho, P., Moraes, V.H., Albernaz, A.L., 2003. Rubber agroforests at the Tapajós river, Brazilian Amazon—environmentally benign land use systems in an old forest frontier region. *Agric. Ecosyst. Environ.* 97, 151–165.
- Schroth, G., Moraes, V.H.F., da Mota, M.S.S., 2004. Increasing the profitability of traditional, planted rubber agroforests at the Tapajós river, Brazilian Amazon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 102, 319–339.
- Shone, B.M., Caviglia-Harris, J.L., 2006. Quantifying and comparing the value of non-timber forest products in the Amazon. *Ecol. Econ.* 58, 249–267.
- Sistema Nacional de Unidades Conservação - SNUC, 2012. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Available online URL <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-consolidados> (18 January 13).
- Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., Dietzsch, L., Merry, F., Bowman, M., Hissa, L., Silvestrini, R.,

- Maretti, C., 2010. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 10821–6.
- Soares-Filho, B., Rodrigues, H., Costa, W., 2013. Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Guidebook. Available online URL <http://csr.ufmg.br/dinamica/dokuwiki/doku.php?id=tutorial:start> (18 January 13).
- Souza, A.D., Oliveira, R.S., Furtado, E.L., Kageyama, P.Y., Freitas, R.G., Ferraz, P. de A., 2011. Rubber Tree, seringueira (*Hevea brasiliensis*), in: Shanley, P., Cymerys, M., Serra, M., Medina, G. (Eds.), *Fruit Trees and Useful Plants in Amazonian Life*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Center for International Forestry Research and People and Plants International, pp. 121–128.
- Stoian, D., 2005. Making the best of two worlds: rural and peri-urban livelihood options sustained by nontimber forest products from the Bolivian Amazon. *World Dev.* 33, 1473–1490.
- Sudhevea, 1971. Plano nacional da borracha: anexo II; quadros estatísticos. Ministerio da Industria e Comercio. Superintendência da Borracha.
- The Economist, 2012. The Brazilian Amazon: The new rubber boomlet | The Economist.
- The Environmental Literacy Council, 2008. Ecosystem Valuation. Available online URL <http://www.enviroliteracy.org/article.php/1320.html> (18 January 13).
- Verheye, W., 2010. Growth and production of rubber, in: Verheye, W. (Ed.), *Encyclopedia of Life Support System (EOLSS)*. UNESCO-EOLSS, Oxford, Uk.
- Wauters, J.B., Coudert, S., Grallien, E., Jonard, M., Ponette, Q., 2008. Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil). *For. Ecol. Manage.* 255, 2347–2361.

## 7. Anexos – Material Suplementar

Tabela S1. Tipos e fontes de referências das variáveis espaciais usadas nos modelos de extração de látex das seringueiras na floresta e nas áreas desmatadas no sudeste do Acre.

Tipo	Fonte	Variável
Planos operacionais anuais (POA)	TECMAN Tecnologia e Manejo florestal. Data de colheita de dados 2009-2012. Disponível em: < <a href="http://www.tecman.eng.br">http://www.tecman.eng.br</a> >	Locais de ocorrência de <i>Hevea spp</i>
Biofísicas	Zoneamento ecológico - econômico do Acre fase II. Escala 1:250.000. Data 2006. Disponível em: ACRE. Governo. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico-econômico do Acre fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA. 2006a.	Vegetação
		Áreas naturais protegidas
		Solos
		Aptidão de uso agroflorestal
		Uso do solo
		Geomorfologia
	Agencia Nacional das Aguas do Brasil. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Escala 1:250.000. Data 2010; Disponível: < <a href="http://hidroweb.ana.gov.br">http://hidroweb.ana.gov.br</a> >	Distância hidrográfica
	Nasa - Shuttle Radar Topography Mission. Resolução de 90 m. Data 2000; Disponível em: < <a href="http://www-radar.jpl.nasa.gov/srtm">http://www-radar.jpl.nasa.gov/srtm</a> >	Declividade
		Elevação
Mapas e localizações	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Data:2006. Disponível em: < <a href="http://www.ibge.gov.br">http://www.ibge.gov.br</a> >	Sedes municipais do Estado do Acre
	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Projeto PRODES - Sistema de monitoramento da Amazônia por imagem de satélite. Resolução 60 m Data 2010. Disponível em: < <a href="http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php">http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php</a> >	Cobertura do solo
	Preservativos Natex e a Cooperativa Central de comercialização Extrativistas do Acre (COOPERACRE)	Pontos de Recolhimento
Informação secundária	Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar ( <i>Seaprof</i> ). Reserva Extrativista Chico Mendes.	Estrutura de custos e receitas
Colheita de campo. Dados experimentais	Associação dos moradores extrativistas da Reserva Chico Mendes.	Locais de ocorrência da produtividade da <i>Hevea spp</i>



Tipo	Fonte	Variável
Climáticas	Worldclim. Resolução 30 arc-second (aproximadamente 1 Km <sup>2</sup> ).Data media dos períodos 1950-2000; Disponível em: < <a href="http://www.worldclim.org">http://www.worldclim.org</a> >	Temperatura média anual
		Variação da temperatura diurna
		Isotermalidade
		Sazonalidade da temperatura
		Temperatura máxima do mês mais quente
		Temperatura mínima do mês mais frio
		Intervalo da temperatura anual
		Temperatura média do trimestre mais chuvoso
		Temperatura média do trimestre mais seco
		Temperatura média do trimestre mais frio
		Temperatura média do trimestre mais quente
		Precipitação anual
		Precipitação do mês mais chuvoso
		Precipitação do mês mais seco
		Sazonalidade da precipitação
		Precipitação do mês mais chuvoso
		Precipitação do trimestre mais seco
		Precipitação do trimestre mais quente
Precipitação do trimestre mais frio		

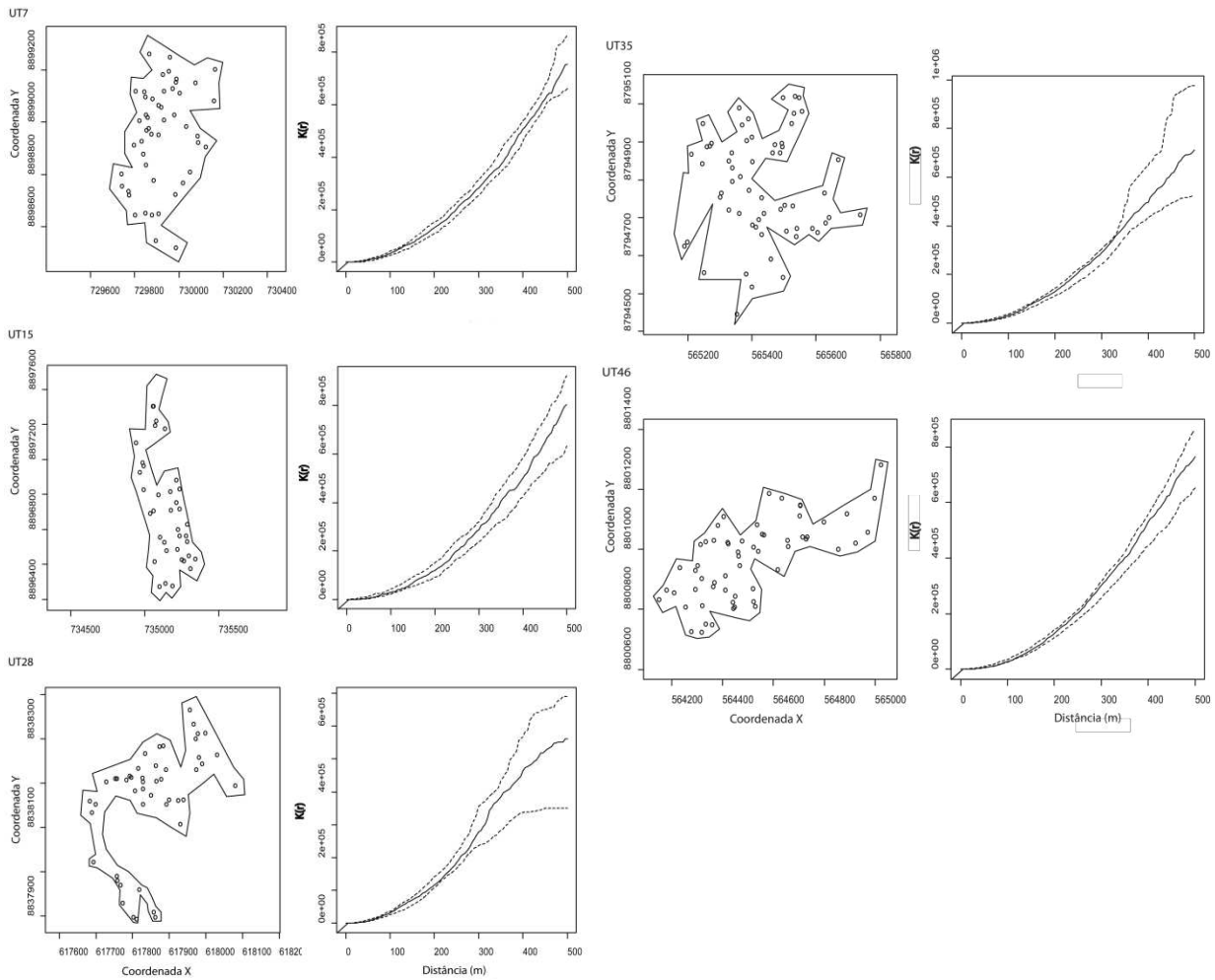
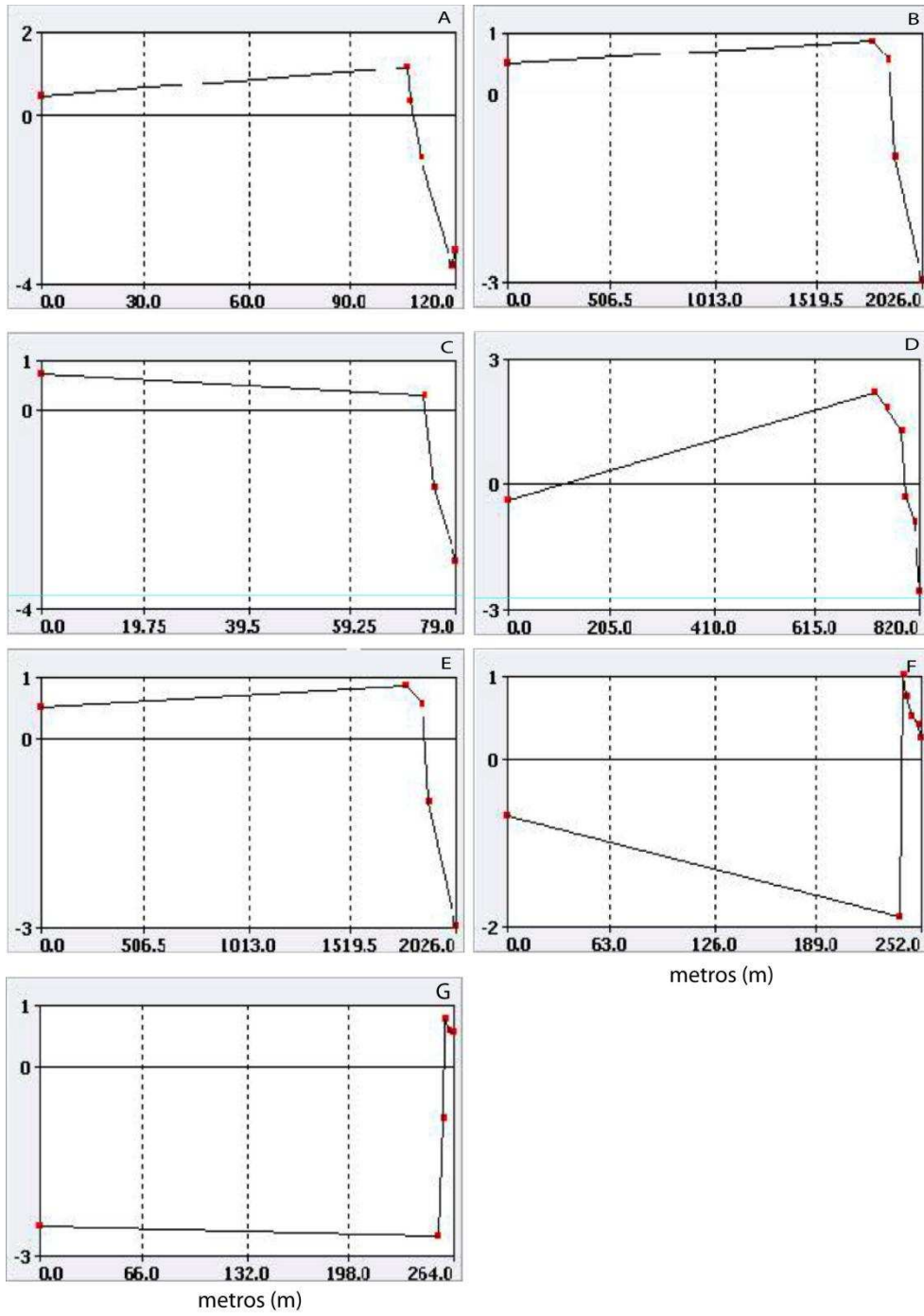


Figura S1. Análise do padrão de distribuição de pontos de 5 unidades de trabalho (UT) das 329 usadas no modelo. A função K Ripley's nos diferentes intervalos de distâncias (metros) foi utilizada para a análise de distribuição. Limite superior e inferior (linha tracejada) do envelope de simulação da função teórica e a função estimada (linha contínua).

### Variáveis espaciais climáticas escolhidas



### Variáveis espaciais biofísicas escolhidas

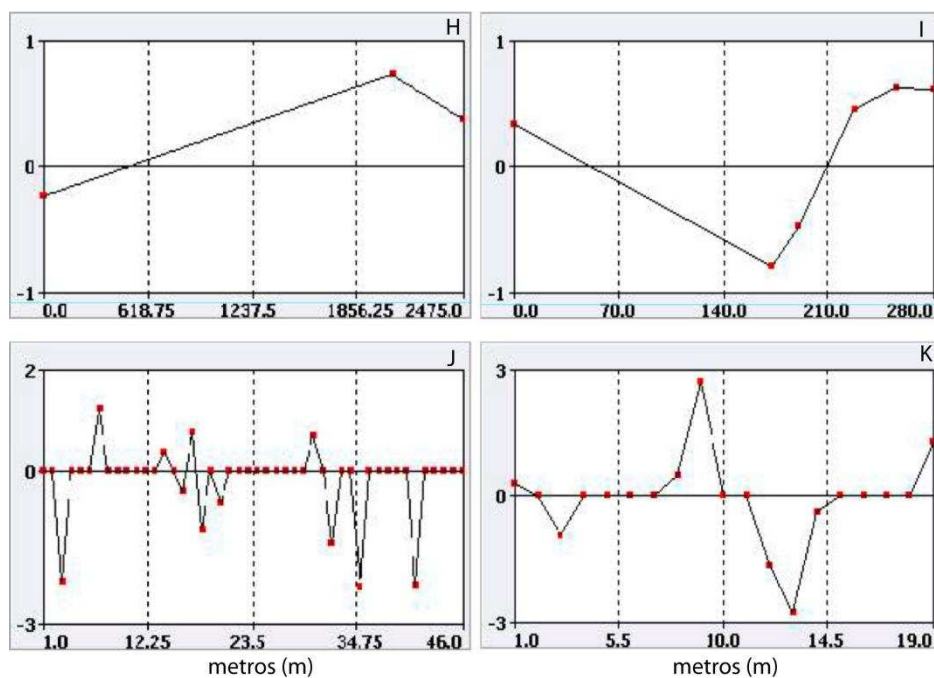


Figura S2. Intervalos e pesos de evidência das variáveis independentes segundo o teste de Cramer e de incerteza de informação, para o modelo de distribuição da densidade de seringueira na floresta. As variáveis climáticas com os intervalos escolhidos são: Variação da temperatura diurna (A), Precipitação anual (B), Isoterminalidade (C), Precipitação de trimestre mais chuvoso (D) e seco (E); Temperatura do trimestre mais seco (F) e chuvoso (G). As variáveis biofísicas e intervalos ou categorias escolhidas são Distância hidrográfica (H), Relevo (I), Solos (J), Vegetação (K).

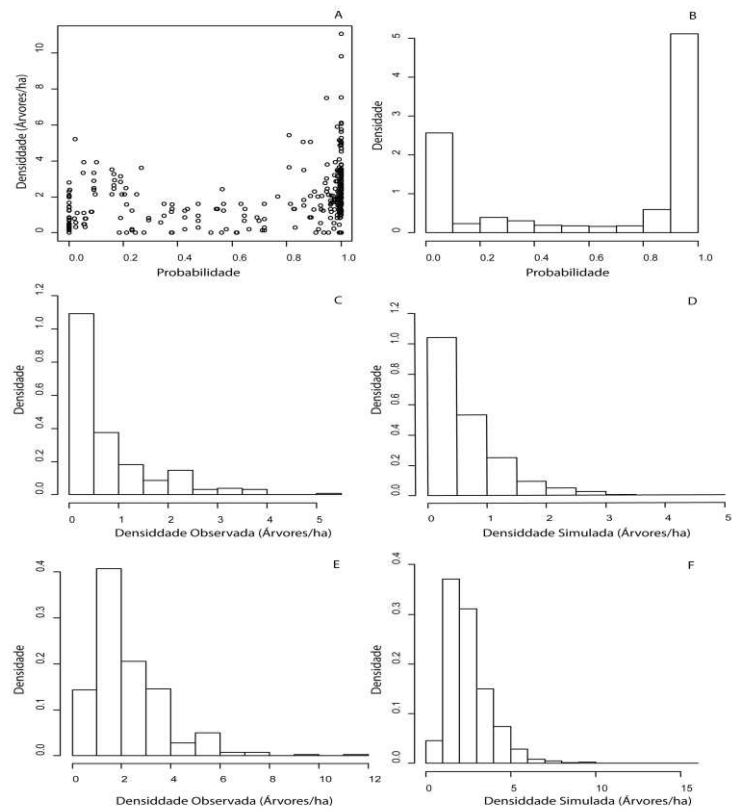


Figura S3. Relação da densidade (árvores/ha) observada e os valores de probabilidade do mapa (A). Histograma da densidade da probabilidade ( $dp$ ) e probabilidade ( $p$ ) (B). Para assinalar as funções densidade de probabilidade (pdf) em relação com o histograma B, foram divididos em dois grupos: Observados (C), que obtiveram uma probabilidade  $< 0,8$  foi simulada (D) uma função Weibull. Observados (E) que obtiveram uma probabilidade  $> 0,8$  foi simulada (F) uma função LogNormal.

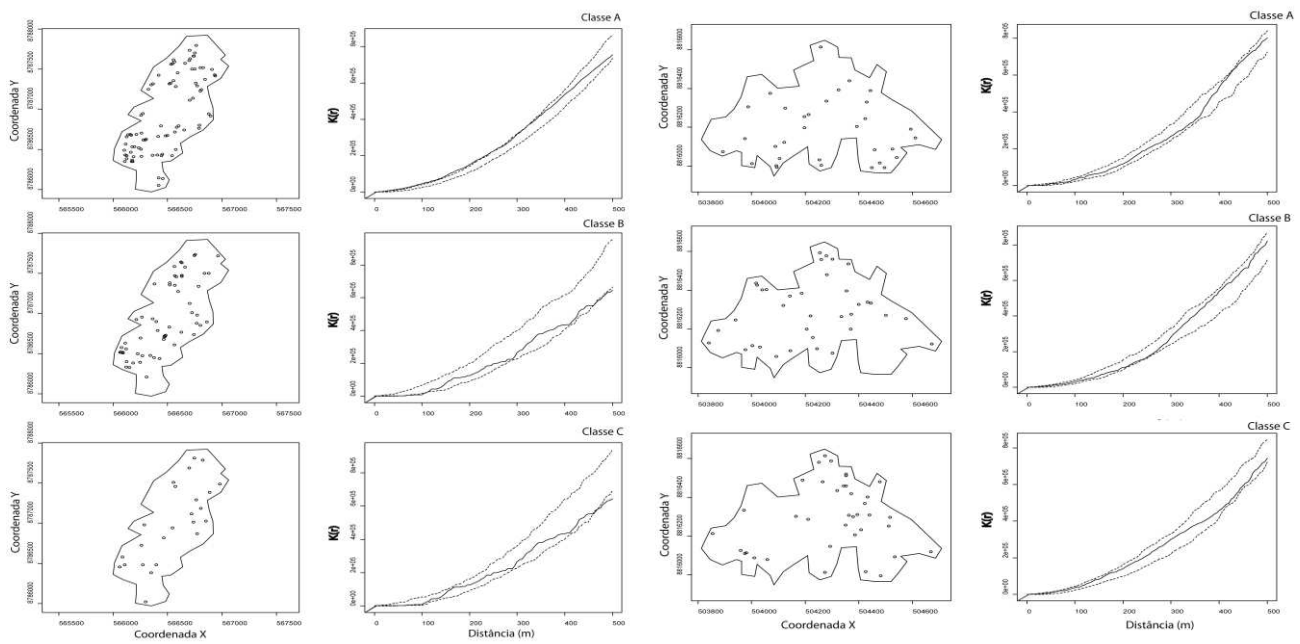
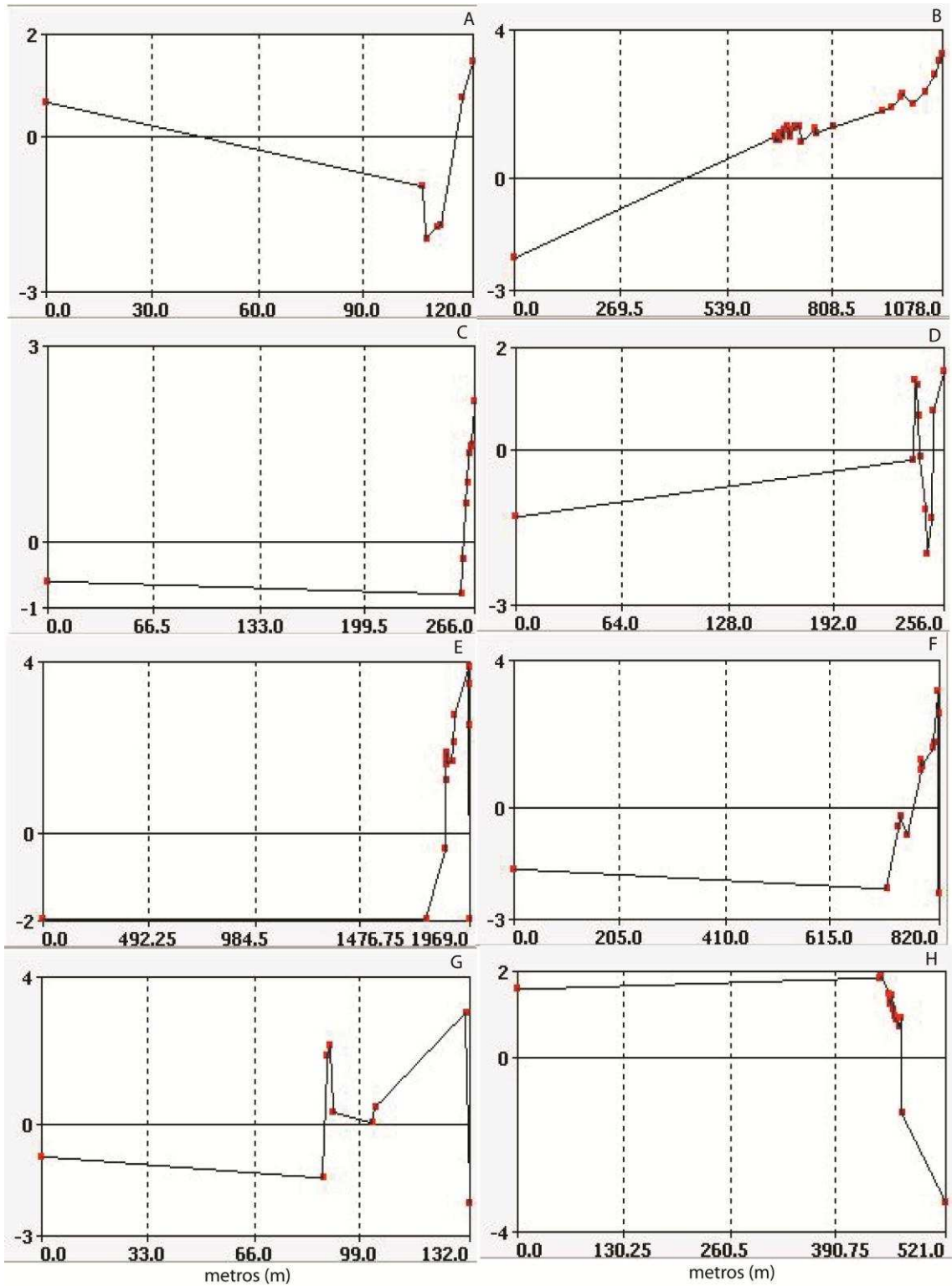


Figura S4. Análise do padrão de distribuição de produtividade por classe de duas unidades produtivas (UP) das 9 usadas no modelo. Classes de produtividade (l/ano): 0 até 1, Classe A; 1,1 até 2,6, Classe B; e >2,6, Classe C. A função K Ripley's nos diferentes intervalos de distâncias (metros) foi utilizada para a análise de distribuição. Limite superior e inferior (linha tracejada) do envelope de simulação da função teórica e função estimada (linha contínua).

### Variáveis espaciais climáticas escolhidas



### Variáveis espaciais biofísicas escolhidas

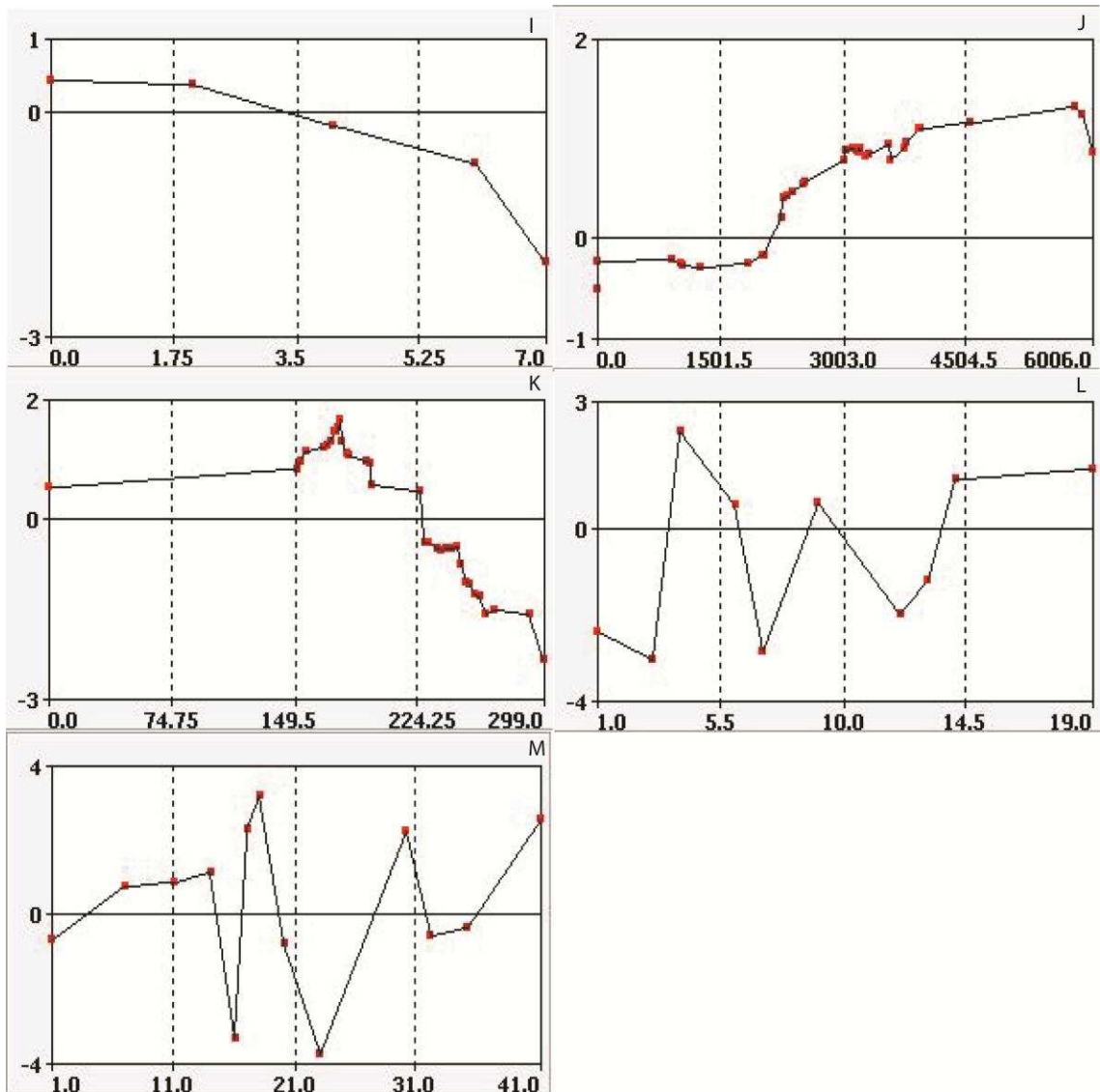


Figura S5. Pesos de evidência das variáveis independentes segundo o teste de Cramer e de incerteza de informação, para o modelo de distribuição da produtividade das seringueiras na floresta. As variáveis climáticas e intervalos escolhidos são: Variação da temperatura diurna (A), Sazonalidade da temperatura (B), Temperatura média do trimestre mais chuvoso (C) e seco (D); Precipitação anual (E) do trimestre mais chuvoso (F), do trimestre mais seco (G) e do trimestre mais quente (H). As variáveis biofísicas e intervalos ou categorias escolhidas foram: Declividade (I) Distância hidrográfica (J), Elevação (K), Vegetação (L), Solos (M).



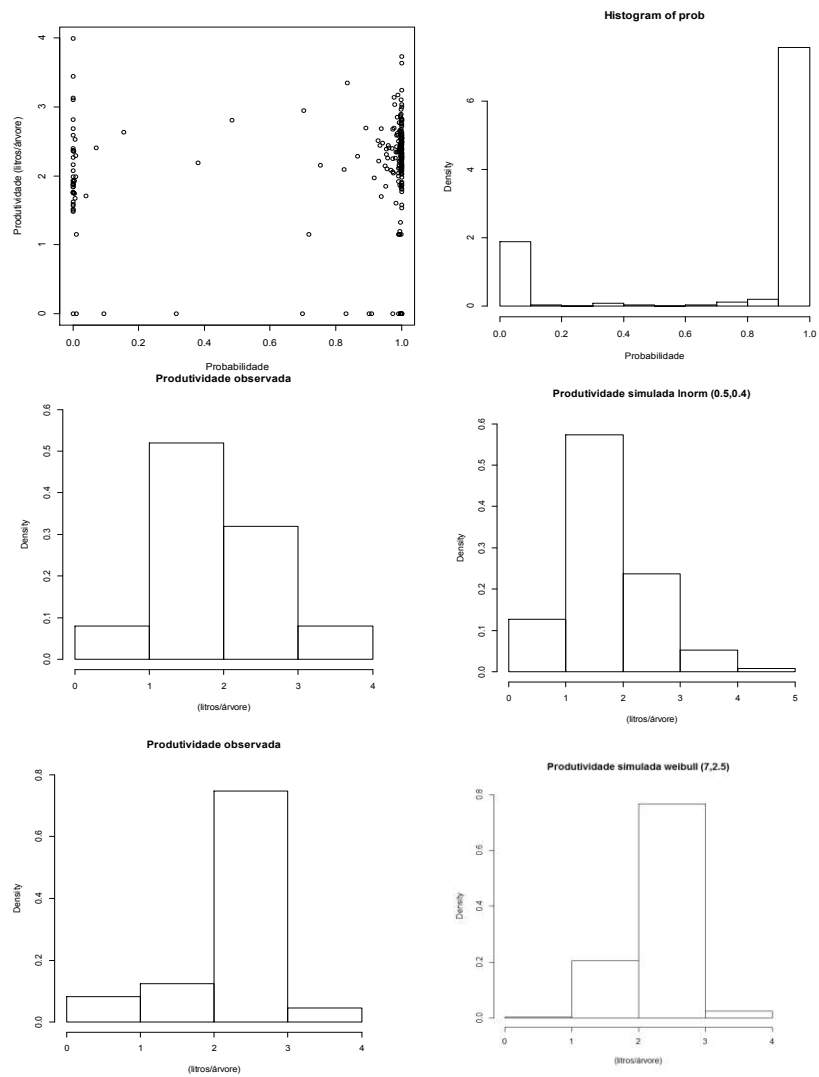


Figura S6. Relação da produtividade anual (litros/árvore) observada e os valores de probabilidade do mapa (A). Histograma da densidade da probabilidade (dp) e probabilidade (p) (B). Para assinalar as funções densidade de probabilidade (pdf) em relação com o histograma B, foram divididos em dois grupos: Observados (C) que obtiveram uma probabilidade < 0,6 foi simulada (D) uma função LogNormal. Observados (E) que obtiveram uma probabilidade > 0,6 foi simulada (F) uma função Weibull.

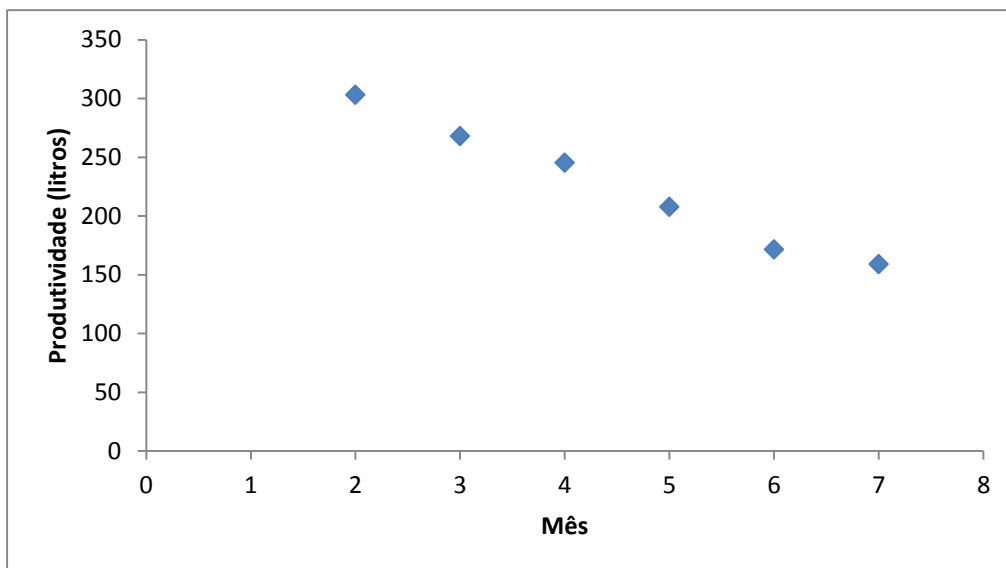


Figura S7. Tendência da produtividade da extração de látex nos meses de colheita de maio até outubro do ano 2009. Cada ponto representa os litros produzidos nas nove unidades produtivas por mês de colheita.

Tabela S2. Diferenças nos custos fixos e operacionais em US\$/quilo para o ano de 2012, dos produtos Cerambi Virgem (CV), Látex Líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL) da extração de látex realizada em uma unidade produtiva da floresta do sudeste do Acre, nos cenários de produtividade total ( $Cprd_{Total}$ ) e parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença (PS) e ausência (AS) de subsídio.

Atividade		Produtos cenários											
		CV				LL				FDL			
		$Cprd_{Total}$		$Cprd_{Parcial}$		$Cprd_{Total}$		$Cprd_{Parcial}$		$Cprd_{Total}$		$Cprd_{Parcial}$	
		PS	AS	PS	AS	PS	AS	PS	AS	PS	AS	PS	AS
<b>Fixos</b>	Limpeza da estrada de seringueira e abertura dos painéis	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,06
	Corte do Painei, coleta de látex e transporte interno,	0,00	0,19	0,00	0,26	0,00	0,19	0,00	0,26	0,00	0,19	0,00	0,26
	Tratamento pós-colheita e armazenamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,82
	Armazenamento e venda do produto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,64	0,00	1,02	0,00	1,36
<b>Operacionais</b>	Limpeza da estrada de seringueira e abertura dos painéis	0,21	0,21	0,29	0,29	0,21	0,21	0,29	0,29	0,21	0,21	0,29	0,29
	Corte do Painei, coleta de látex e transporte interno,	2,37	2,37	1,38	1,38	2,37	2,37	1,38	1,38	2,37	2,37	1,38	1,38
	Tratamento pós-colheita e armazenamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,30	0,30
	Armazenamento e venda do	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,31	0,31	0,17	0,17	0,31	0,31

Tabela S3. Resumo dos custos de produção (US\$/ha) de borracha natural para obter o produto Cernambi Virgem (CV), usando a estrutura do Agriannual e o Manual de Heveicultura para a Região sudeste do Estado do Acre.

<b>Subtotais dos custos de produção (US\$/ha) - 2012</b>				
<b>Ano</b>	<b>Operações mecanizadas</b>	<b>Operações manuais</b>	<b>Insumos</b>	<b>Administração</b>
<b>1</b>	672,11	927,80	2101,85	0,00
<b>2</b>	237,30	281,25	404,40	0,00
<b>3</b>	227,60	202,50	311,90	0,00
<b>4</b>	243,54	213,75	283,90	0,00
<b>5</b>	222,21	172,50	295,90	0,00
<b>6</b>	222,21	172,50	295,90	0,00
<b>7</b>	107,50	855,00	654,85	0,00
<b>8</b>	92,36	960,00	122,35	0,00
<b>9</b>	92,36	960,00	122,35	0,00
<b>10</b>	92,36	960,00	122,35	0,00
<b>11</b>	80,97	1312,50	370,10	0,00
<b>12</b>	55,91	1249,50	126,05	0,00
<b>13</b>	55,91	1249,50	89,80	0,00
<b>14</b>	55,91	1249,50	89,80	0,00
<b>15</b>	55,91	1249,50	89,80	0,00
<b>Ano 16 ao 30</b>	55,91	1264,50	89,80	0,00

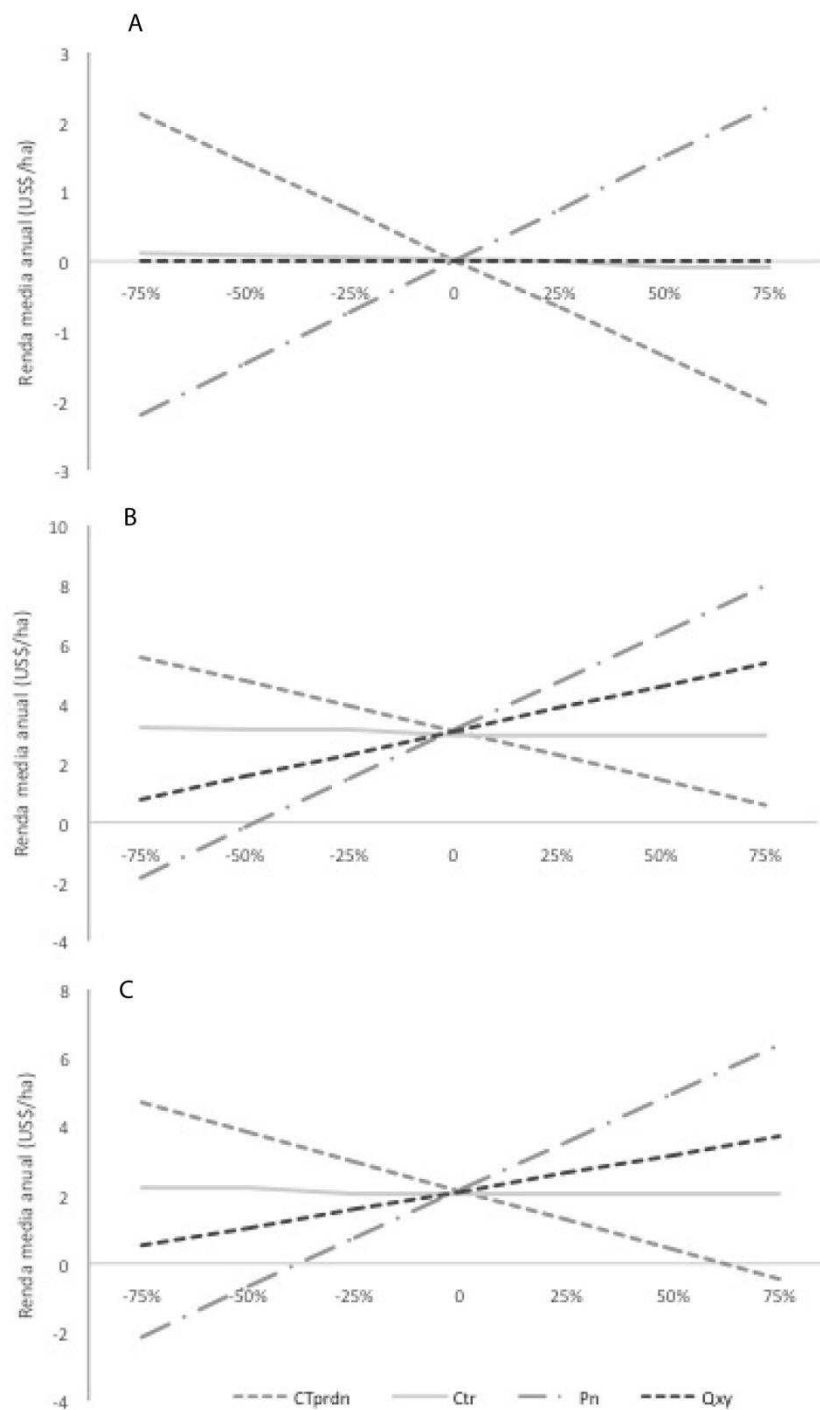
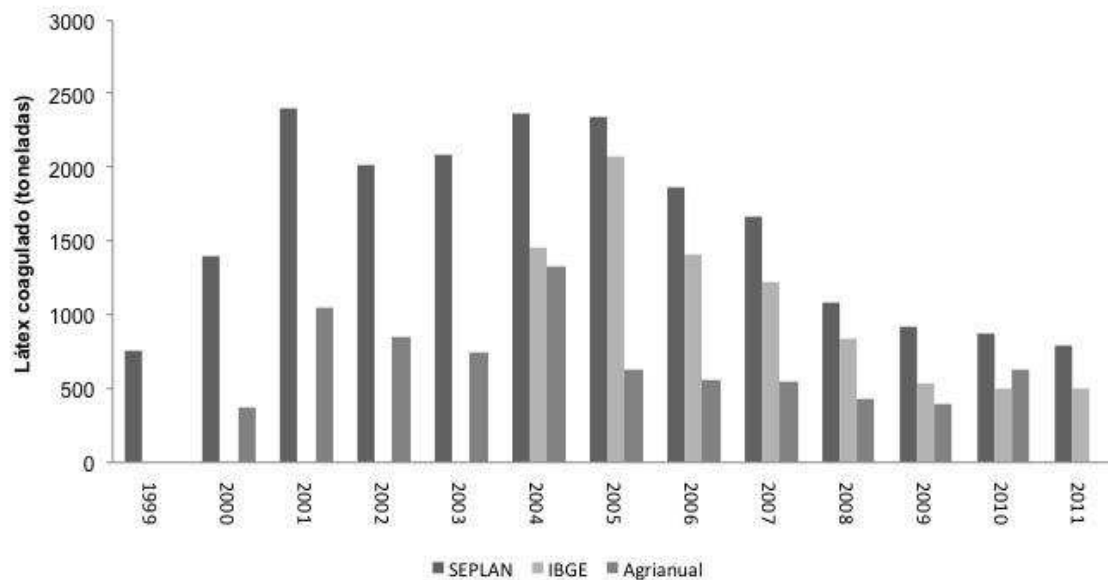


Figura S8. Análise de sensibilidade do modelo de renda dos produtos (n): Cernambi Virgem (A), Látex Líquido (B) e Folha Defumada Líquida (C), no cenário produtivo parcial ( $Cprd_{Parcial}$ ), na presença de subsídio (PS). Os parâmetros avaliados foram a produtividade ( $Qxy$ ), o preço de venda ( $P_n$ ), o custo total de produção ( $CTprdn$ ) do cenário e o custo de transporte ( $Ctr$ ).

Tabela S4. Resumo do análise de sensibilidade do modelo de renda dos produtos Cernambi Virgem (CV), Látex líquido (LL) e Folha Defumada Líquida (FDL), no cenário produtivo parcial ( $C_{prd_{Parcial}}$ ) na presença de subsídio (PS). Os parâmetros avaliados foram a produtividade ( $Q_{xy}$ ), o preço de venda ( $P_n$ ), o custo total de produção ( $CT_{prd_n}$ ) do cenário e o custo de transporte ( $C_{tr}$ ).

Nível de influência	Parâmetro	CV	LL	FDL
1	$P_n$	2,95	6,55	5,67
2	$CT_{prd_n}$	-2,79	-3,32	-3,43
3	$Q_{xy}$	0,14	3,05	2,12
4	$C_{tr}$	-0,13	-0,17	-0,11

**A**



**B**

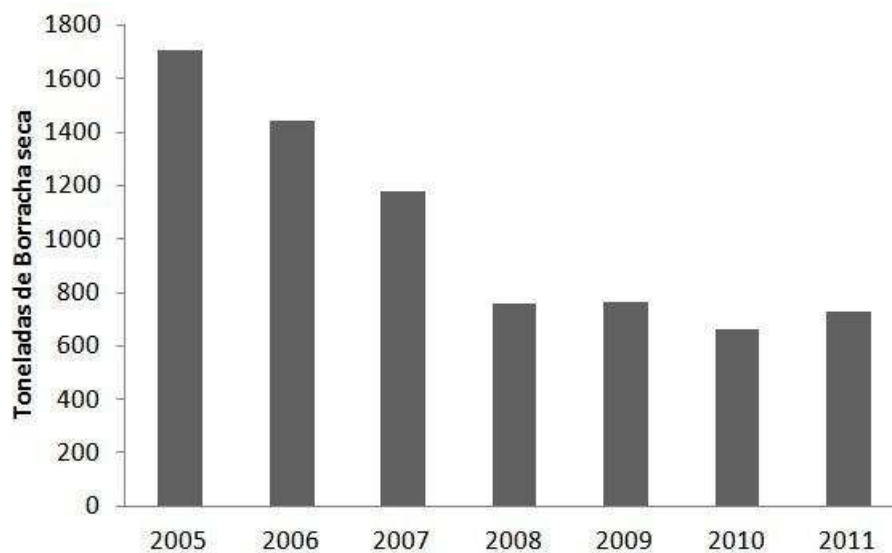


Figura S9. Produção de borracha (toneladas) registrada e publicada para o Estado do Acre por diferentes fontes: Secretaria do Estado do Governo do Acre (SEPLAN), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Anuário da Agricultura Brasileira (Agrianual) (A). Produção de borracha (toneladas) registrada e publicada para sudeste do Acre segundo o SEPLAN (B).