

**005TMP**

**V Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado  
Florestal**

Categoria:

Profissional

Tema:

Novo Código Florestal Brasileiro

Subtema:

Impactos econômicos do novo Código Florestal

Título:

**Estimativa da demanda por regularização do passivo de Reserva Legal nos  
estados do Pará e Mato Grosso**

## **Estimativa da demanda por regularização do passivo de Reserva Legal nos estados do Pará e Mato Grosso**

### **RESUMO**

Os serviços ambientais proporcionados pela vegetação nativa são importantes para toda sociedade, entretanto, são poucos os interessados pela conservação destas áreas. Assim, o Código Florestal estabelece um percentual obrigatório para a manutenção de vegetação nativa em imóveis rurais, mas estudos demonstram que o passivo de Reserva Legal é uma constante. Existem várias alternativas para a regularização, no entanto, a tomada de decisão do produtor rural em regularizar seu passivo, é incerta. Desse modo, buscou-se estimar em nível de município a demanda provável por regularização do passivo de Reserva Legal em diferentes cenários, nos estados do Pará e Mato Grosso. Para isto, foi construído uma árvore de decisão através de entrevistas estruturadas face a face com 77 produtores de 17 municípios que procurou refletir a tomada de decisão dos produtores rurais nos estados, utilizando dados secundários do Censo Agropecuário, balanço do passivo de Reserva Legal, preço e arrendamento da terra. Os resultados demonstraram um crescimento da demanda por regularização em função das restrições consideradas do ponto de vista regulatório, partindo de uma demanda total estimada em 33% no cenário tendencial, 37% no cenário governamental, 78% no cenário mercadológico e chegando a 83% no cenário que combina exigências de governo e mercado. Os cenários analisados indicam fortes indícios de que as intervenções de cunho econômico e governamental poderão impactar diretamente no comportamento dos produtores rurais e consequentemente, na demanda por regularização.

**Palavras-chave:** Regularização Ambiental. Reserva Legal. Tomada de Decisão.

## LISTA DE FIGURAS

<a href="#"><u>Figura 1 - Metodologia aplicada para estimar a demanda por regularização</u></a> .....	24
<a href="#"><u>Figura 2 - Localização da área de estudo</u></a> .....	25
<a href="#"><u>Figura 3 - Árvore de decisão ajustada</u></a> .....	31
<a href="#"><u>Figura 4 - Demanda de área provável por restauração/compensação</u></a> .....	35
<a href="#"><u>Figura 5 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário BAU</u></a> ..	37
<a href="#"><u>Figura 6 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Gov</u></a> ...	39
<a href="#"><u>Figura 7 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Mer</u></a> .....	40
<a href="#"><u>Figura 8 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Gov e Mer</u></a> .....	42

## LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1 - Exemplos de abordagens aplicadas em estudo de comportamento ambiental de agricultores.....</u>	19
<u>Tabela 2 - Número de coletas e análises.....</u>	26
<u>Tabela 3 - Número e porcentagem de propriedades por classe de área desmatada em relação ao tamanho da propriedade.....</u>	29
<u>Tabela 4 - Cenários analisados.....</u>	32
<u>Tabela 5 - Estimativa da demanda por regularização.....</u>	35
<u>Tabela 6 - Estimativa da demanda por regularização por estado.....</u>	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2 CONTEXTO</b> .....	<b>8</b>
2.1 RESERVA LEGAL.....	8
<b>2.1.1 Reserva Legal em números: estimativas do ativo/passivo</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.2 Determinantes do passivo de Reserva Legal</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1.3 Regularização ambiental do passivo de Reserva Legal</b> .....	<b>13</b>
2.1.3.1 Alternativas de regularização: entendendo os mecanismos.....	15
2.2 TOMADA DE DECISÃO DOS PRODUTORES RURAIS.....	17
<b>2.2.1 Árvore de decisão: entrevistas e dados censitários</b> .....	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 COLETA DE DADOS .....	26
3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS .....	27
<b>3.3.1 Secundários</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.2 Questionários</b> .....	<b>29</b>
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
4.1 CENÁRIO BUSINESS AS USUAL .....	36
4.2 CENÁRIO GOVERNAMENTAL.....	38
4.3 CENÁRIO MERCADOLÓGICO .....	39
4.4 CENÁRIO GOVERNAMENTAL E MERCADOLÓGICO .....	41
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ainda que a vegetação nativa seja uma fonte intrínseca de valores ambientais, estéticos e econômicos, esse recurso natural tem sofrido com a devastação, o que pode causar sérios desafios para a manutenção da integridade funcional dos ecossistemas. Além do mais, as práticas de uso da terra em paisagens rurais produtivas influenciam diretamente na prestação de serviços ecossistêmicos (POPPENBORG; KOELLNER, 2013).

O Código Florestal (Lei 12.651/2012) que regulamenta a proteção da vegetação nativa, para assegurar que o uso e o manejo da terra em propriedades privadas sejam harmônicos e sustentáveis com o ecossistema, estabelece um zoneamento onde parte da área de propriedades privadas é destinada à conservação e gestão sustentável dos recursos naturais (Área de Preservação Permanente - APP e Reserva Legal - RL) e na outra parte pode ser feito o uso alternativo do solo (e.g., produção agropastoril) (BRASIL, 2012a).

Apesar da exigência, a não conformidade das propriedades rurais é uma constante e o déficit de RL continua crescendo, as justificativas dos produtores rurais para a não manutenção da RL são diversas, vão desde econômicas — custo de oportunidade (CAMPOS; BACHA, 2013; STICKLER et al., 2013), custo de recuperação (STICKLER et al., 2013) e altos percentuais exigidos para a conservação (ALSTON; MUELLER, 2007) — até políticas — contradições entre antigas políticas de desenvolvimento com atuais políticas ambientais e o baixo histórico de aplicação da lei (CAMPOS; BACHA, 2013; SCHMIDT; MCDERMOTT, 2015).

A RL aparece como eixo central (objeto de estudo) de diferentes pesquisas em nível nacional e estadual, abordando a estimativa do passivo/ativo (CUNHA et al., 2016; SOARES-FILHO et al., 2014a; SPAROVEK et al., 2010, 2012), a percepção dos

produtores rurais sobre a legislação que determina a RL (SCHMIDT; MCDERMOTT, 2015; TREVISAN et al., 2016), os custos de conformidade (custo de oportunidade e restauração) (STICKLER et al., 2013), a alocação da RL (DELALIBERA et al., 2008) e o mercado de títulos florestais para compensação (BERNASCONI et al., 2016; MAY et al., 2015; MICOL; ABAD; BERNASCONI, 2013; SOARES-FILHO et al., 2016). Todavia, a decisão dos produtores rurais em regularizar o déficit de RL ainda foi pouco estudada. Com isso, surgem os questionamentos: os produtores com passivo irão regularizar? Quais fatores e cenários de implementação influenciam essa decisão?

Existe uma vasta literatura, principalmente internacional, abordando fatores sócio-demográficos, econômicos/financeiros, institucionais/políticos, ambientais e cognitivos que influenciam na tomada de decisão dos agricultores em adotar medidas agroambientais e suas implicações para a política de conservação ambiental, por exemplo, Celio et al. (2014); Duangjai, Schmidt-Vogt e Shrestha (2015), Farmar-Bowers e Lane (2009); Lienhoop e Brouwer (2015) e Villanueva et al. (2015), entre outros.

A compreensão e modelagem de como as decisões de uso da terra são tomadas pelos produtores rurais e os fatores influenciadores, são, portanto, elementos-chave na orientação dos formuladores de políticas públicas ambientais, uma vez que estabelece bases mais sólidas para a concepção e implementação de programas de gestão ambiental bem-sucedidos (LAMBERT et al., 2007; POPPENBORG; KOELLNER, 2013).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi estimar em nível de município a demanda provável por regularização do passivo de Reserva Legal em quatro cenários, a partir da decisão declarada por produtores rurais nos estados do Pará e Mato Grosso.

Este documento está organizado em cinco seções. A seguir, é apresentado a revisão de literatura sobre a Reserva Legal do surgimento ao cenário atual, enfatizando a percepção dos produtores sobre a conservação destas áreas e explanando sobre a regularização do passivo, seu funcionamento e alternativas. Por último, é abordado sobre a decisão dos produtores rurais em adotar medidas agroambientais e fatores influenciadores.

A seção 3 descreve a metodologia proposta para estimar a demanda por regularização do déficit de RL. Esta, inclui os seguintes passos: i) delimitação da área de estudo; ii) levantamento de dados secundários de preço e arrendamento da terra, balanço do Código Florestal e Censo Agropecuário, e aplicação de questionário com produtores rurais da área de estudo; iii) processamento de dados, partindo da preparação, construção e implementação da árvore de decisão; iv) análise dos cenários de implementação do Código Florestal e estimativa da demanda. A seção 4 apresenta os resultados obtidos e faz uma discussão acerca dos mesmos, seguida de conclusão na seção 5.

## 2 CONTEXTO

É evidente a importância dos serviços ambientais proporcionados pelas florestas para toda sociedade, todavia, são poucos os interessados pela manutenção destas áreas. Neste sentido, a política ambiental brasileira entende que os benefícios privados não podem implicar em perdas de bem-estar público, assim, o Código Florestal estipula um percentual obrigatório para a conservação de áreas vegetadas em imóveis rurais. No entanto, o descumprimento desta normativa é uma constante e está ligado à diversos fatores. Neste sentido, apresenta-se a seguir a literatura que aborda essa questão.

### 2.1 RESERVA LEGAL

Historicamente, a preocupação estatal no sentido da preservação de parte das florestas nativas no Brasil de um desflorestamento excessivo, ocorre desde o período colonial (CAMPOS; BACHA, 2013). Contudo, era sempre uma preocupação voltada para os interesses econômicos imediatos, basta lembrar que na década de 1930, em meio à forte expansão cafeeira no sudeste do país que pressionava as florestas, dificultando e encarecendo o transporte de lenha, foi criado o primeiro Código Florestal por meio do Decreto nº. 23.793/1934 (CAMPOS; BACHA, 2013; SELBACH, 2013; SENADO FEDERAL, 2011), com o intuito de assegurar o fornecimento de madeira para combustível (ALSTON; MUELLER, 2007).

Esse Decreto, colocava como obrigação aos donos de terra, a manutenção de 25% da área de seus imóveis com cobertura vegetal nativa (era a chamada quarta

parte) (SENADO FEDERAL, 2011). Entretanto, não havia definição em qual parte da terra a floresta deveria ser preservada (e.g., margens e nascentes de rios, encosta de morros ou outra). Assim, a legislação visava impedir os efeitos sociais e políticos negativos causados pelo aumento do preço ou a possível falta da lenha (BACHA, 2004; BRASIL, 2012a; SELBACH, 2013).

Ao longo do tempo este objetivo tornou-se irrelevante, e cresceram-se as preocupações ambientais (ALSTON; MUELLER, 2007). Em 1965, o CF foi modificado pela Lei 4.771, esta versão foi mais minuciosa que a anterior, transformou a “quarta parte” em RL, com a finalidade de preservar os diferentes biomas (SENADO FEDERAL, 2011). Mais tarde, o percentual de RL na Amazônia passou de 50 para 80% em floresta e de 20 para 35% no Cerrado, pela Medida Provisória 1.511/1996 (IRIGARAY, 2007; SENADO FEDERAL, 2011).

Após um longo debate no quadro da dimensão processual ‘*politics*’<sup>1</sup> entre o setor do agronegócio e o da conservação, o Código foi alterado pela Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012a). A definição legal das funções ecossistêmicas proporcionadas pela RL foi mantida, sendo:

[...] área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, [...] com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012a, art. 3º, III).

A Reserva Legal constitui-se em um dos mais importantes instrumentos de proteção ambiental em terras privadas no Brasil (MARQUES; RANIERI, 2012). Tendo em vista que as áreas de domínio privado representam um componente essencial para a conservação da biodiversidade no país (MICHALSKI; NORRIS; PERES, 2010).

---

<sup>1</sup> Tem-se em vista o processo político, frequentemente de caráter conflituoso, no que diz respeito à imposição de objetivos, aos conteúdos e às decisões de distribuição (FREY, 2000).

“A RL é um mecanismo de restrição à ocupação da área de um imóvel rural da produção agropecuária [...]” (CAMPOS; BACHA, 2013, p. 86), de caráter obrigatório. Assim, é caracterizada como uma ferramenta de gestão ambiental voltada para a manutenção da cobertura florestal de tais áreas — por meio da limitação administrativa de percentuais mínimos da área total do imóvel rural a serem mantidos com cobertura de vegetação nativa —, cujo os limites variam de 80 a 20% de acordo com a localidade (BERNARDO, 2010; BRASIL, 2012a; IRIGARAY, 2007; SILVA; RANIERI, 2014).

### **2.1.1 Reserva Legal em números: estimativas do ativo/passivo**

A não conformidade das propriedades rurais é histórica e já foi observada por Stickler e companheiros desde a exigência do Código Florestal anterior à mudança de 1996 (Medida Provisória 1.511/1996), em área do bioma Amazônia no estado do Mato Grosso. Segundo os autores, 21% das propriedades tinham menos de 50% de cobertura florestal e 42% das propriedades tinham menos de 80%, em 1997. Ou seja, não estavam em conformidade com a exigência antes e depois da alteração, respectivamente. Em 2001, o número de propriedades que descumpriam o requisito de manutenção de 80% de cobertura florestal cresceu para 67% e para 82% em 2005 (STICKLER et al., 2013).

Em 2014, cerca de 65% das propriedades rurais apresentava algum nível de déficit de RL em todo estado do Mato Grosso, já considerando as regras do Novo Código Florestal que possibilitaram a anistia do déficit nas pequenas propriedades (até 4 módulos fiscais) (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015).

No estado do Pará, a distribuição do passivo/ativo de RL está claramente relacionada com o processo histórico de ocupação da terra na região (NUNES et al.,

2016). De acordo com os autores, o déficit de RL chega a 2,3 Mha e 1,3 Mha corresponde ao ativo. Em nível municipal, cerca de 22% (32) dos municípios paraense apresentam mais déficit do que ativo — são 382.521 ha que representa 17% do déficit total das propriedades privadas no estado (NUNES et al., 2016).

Soares-Filho e colaboradores ao quantificar o impacto do Novo Código, observaram que o passivo ambiental reduziu de  $50\pm 6$  para  $21\pm 1$  Mha. Cerca de 78% equivale ao passivo de RL, cujo desmatamento foi anterior a julho de 2008, enquanto o ativo florestal (incluindo RL e APP) pode alcançar  $92\pm 10$  Mha (SOARES-FILHO et al., 2014a).

Em termos de ativos florestais, o Mato Grosso possui quase 8 Mha (incluindo os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal) e estado do Pará apresenta cerca de 2,3 Mha (RAJÃO; SOARES-FILHO, 2015; SOARES-FILHO et al., 2014b). Se por um lado, o Mato Grosso e o Pará estão entre os possuidores de maiores ativos florestais, por outro, lideram o *ranking* (1º e 3º lugar) dos estados com maiores áreas de RL em extensão absoluta à serem recuperadas ( $\pm 6,3$  e  $\pm 1,5$  Mha). Isso resulta em potencial para a compensação de RL — se considerarmos a compensação no mesmo bioma e estado (RAJÃO; SOARES-FILHO, 2015; SOARES-FILHO et al., 2014b).

### **2.1.2 Determinantes do passivo de Reserva Legal**

Frequentemente, os altos percentuais exigidos para a conservação de RL no Brasil são questionados, os opositores ao Código argumentam que um país em desenvolvimento com boa parte de seu território coberto por florestas, adota uma das mais restritivas regulamentações de uso da terra no mundo (ALSTON; MUELLER,

2007). O mecanismo de restrição com elevado percentual impõe custo de oportunidade<sup>2</sup> aos produtores rurais (CAMPOS; BACHA, 2013).

Existe um vasto debate entre a produção agropecuária e a conservação, se por um lado ruralistas querem aumentar áreas para produzir, por outro lado, cientistas argumentam que se aumentar a eficiência produtivas das áreas já consolidadas não seria necessário expandir o desmatamento (SILVA et al., 2012). Neste sentido, os autores abordaram que:

“Reduzir APP ou RL para aumentar a área plantada não seria a prioridade para aumentar a produção agrícola. Ao contrário, é necessário reforçar as políticas públicas voltadas à intensificação do uso das terras já utilizadas através da adoção de tecnologias adequadas, tais como integração lavoura – pecuária, recuperação de pastos e adoção de plantio direto de qualidade, todas elas com alta capacidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e aumentar o estoque de carbono (SILVA et al., 2012, p. 85).

Os fatores apontados como responsáveis pelo não cumprimento da legislação florestal pelos produtores rurais, incluem:

- i) os altos percentuais exigidos para a conservação da RL (ALSTON; MUELLER, 2007);
- ii) o custo de oportunidade aos produtores rurais (CAMPOS; BACHA, 2013; IGARI; TAMBOSI; PIVELLO, 2009);
- iii) o custo da regularização — a recuperação/compensação do passivo de RL gera custos que são arcados unicamente pelos produtores, enquanto os benefícios resultantes (e.g., serviços ambientais) são refletidos à toda sociedade (CAMPOS; BACHA, 2013; FASIABEN et al., 2011; IRIGARAY, 2007; SPAROVEK et al., 2011);
- iv) as contradições entre antigas políticas de desenvolvimento com atuais políticas ambientais e o baixo histórico de aplicação da lei (CAMPOS; BACHA, 2013;

---

<sup>2</sup> “Esse custo de oportunidade é definido como o custo adicional arcado pelos produtores por alocar terra a ser mantida coberta com matas que não geram, necessariamente, receitas” (CAMPOS; BACHA, 2013, p. 86).

SCHMIDT; MCDERMOTT, 2015; SENADO FEDERAL, 2011; SILVA; RANIERI, 2014);

- v) a definição imprecisa de alguns mecanismos e, por fim, a falta de fiscalização por parte do Poder Público (SPAROVEK et al., 2011).

Contudo, a manutenção de fragmentos de florestas e outros tipos de vegetação nativa nos imóveis rurais, além dos serviços ecossistêmicos essenciais, favorecem os processos produtivos agropecuários por meio do controle natural de pragas e de barreiras na disseminação de doenças (DELALIBERA et al., 2008). Somando-se a isto, “[...] é fundamental para proteger, ainda que minimamente, a fauna e a flora originais de cada região” (METZGER, 2002, p. 48).

### **2.1.3 Regularização ambiental do passivo de Reserva Legal**

O termo “regularização ambiental” é definido pelo Decreto nº 7.830/2012, como “atividades desenvolvidas e implementadas no imóvel rural que visem atender ao disposto na legislação ambiental e, de forma prioritária, à manutenção e recuperação de APP, RL, área de uso restrito, e à compensação da RL, quando couber” (BRASIL, 2012b, art. 2º, XV).

A regularização ambiental do passivo de RL consiste na adoção de medidas para repor a área exigida de RL, na propriedade ou extra-propriedade (BRASIL, 2012a). Para isto, o produtor deverá: i) suspender, imediatamente, as atividades em área de RL desmatada irregularmente após julho de 2008 e iniciar o processo de recomposição da RL; ou ii) aderir ao optar pelas formas isoladas ou conjuntas das alternativas apresentadas na lei (regenerar, recompor ou compensar) para regularizar

a RL em imóveis rurais que detinham, em julho de 2008, áreas em extensão inferior ao exigido (BRASIL, 2012a, 2012b).

O cumprimento da legislação propicia benefícios, sendo os principais: i) o sequestro de carbono proporcionado pela restauração da RL, contribui na mitigação das mudanças climáticas, além da restauração de outros serviços ambientais (e.g., a biodiversidade, a água, o solo e a ciclagem de nutrientes); ii) a compensação de déficits de RL promove a conservação de excedentes de RL, que em geral são ecossistemas de vegetação primária ou secundária com estoques elevados de carbono e todos os outros serviços associados (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015).

Neste sentido, o Decreto nº 7.830/2012 estabelece normas gerais para os Programas de Regularização Ambiental (PRA). O PRA compreende um conjunto de ações/iniciativas no qual os possuidores de déficit de RL deverão desenvolver para se adequarem (BRASIL, 2012b). As etapas do processo de regularização do imóvel rural, são: (1) inscrição no Cadastro Ambiental Rural (CAR); se existir déficit de RL: (i) declarar se deseja aderir ao PRA; (ii) declarar alternativa que pretende adotar, isolada ou conjuntamente, para regularizar o déficit; (2) apresentação do projeto de recuperação de área degradada; (3) assinatura do termo de compromisso; (4) implementação da regularização; (5) manutenção da área regularizada (BRASIL, 2012a, 2012b).

O CAR é caracterizado como o principal instrumento para monitorar o cumprimento do Código Florestal (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015). Ou seja, é uma espécie de “atestado de conformidade ambiental” (CAPCAR, 2014). Segundo redação dada pelo art. 29 da Lei nº 12.651/2012 e art. 2º, II do Decreto nº 7.830/2012, consiste:

[...] um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012a, 2012b).

Esse cadastro é obrigatório para todos os imóveis rurais do país, que esteja em processo produtivo ou não. Mas existe uma certa resistência dos proprietários de terras em se inscrever, pois o CAR expõe suas responsabilidades (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015). Por outro lado, o cadastro é exigido como critério na venda de produtos agropecuários (e.g., soja e boi) — por meio da moratória da soja (GIBBS et al., 2014) e moratória da carne<sup>3</sup> (GIBBS et al., 2015) e a emissão de GTA<sup>4</sup> no Pará (PARÁ, 2014). Outras restrições/incentivos aos produtores condicionados ao CAR, são:

[...] (i) a obtenção de licenças para utilização dos recursos naturais ou uso alternativo do solo, (ii) a suspensão de multas aplicadas pelos órgãos fiscalizatórios por meio da adesão ao PRA, (iii) a emissão de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) quando couber, e (iv) a concessão de crédito agrícola a partir de 2017 (AZEVEDO et al., 2014, p. 1–2).

Após a inscrição no CAR, se identificado a existência do déficit de RL, o proprietário ou possuidor do imóvel rural poderá proceder à regularização ambiental mediante adesão ao PRA dos estados ou regularizar sua situação, independentemente da adesão, adotando uma das alternativas apresentadas na lei (BRASIL, 2012a, 2014), conforme descrito a seguir.

#### 2.1.3.1 Alternativas de regularização: entendendo os mecanismos

O Código Florestal apresenta três alternativas de regularização ambiental do passivo de RL, sendo: i) recomposição; ii) regeneração natural e/ou iii) compensação

---

<sup>3</sup> Desde de 2010, graças a assinatura do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) da pecuária sustentável junto ao Ministério Público Federal do Pará pelos marchantes, onde estes só comprariam de fazendas inscritas no CAR, em tese, somente os imóveis rurais cadastrados, poderão fornecer gado para os maiores frigoríficos (BARRETO; ARAÚJO, 2012).

<sup>4</sup> O governo estadual paraense por meio do Decreto 1.052/2014, colocou como obrigatório para a emissão de Guia de Transporte Animal (GTA) no Pará, a existência, válida e regular do CAR do imóvel onde estiver cadastrado o rebanho (PARÁ, 2014).

(BRASIL, 2012a). Para a RL desmatada antes de julho de 2008, a regularização pode ser feita por meio da recuperação (seja dirigida ou natural, isto é, recomposição ou regeneração natural) ou compensação (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015; BRASIL, 2012a). No entanto, se o desmatamento ocorreu após julho de 2008, a compensação não é uma opção (AZEVEDO; STABILE; REIS, 2015; BRASIL, 2012a).

i) **Recomposição** — visa a restituição da vegetação nativa degradada à condição não degradada, podendo ser diferente de sua condição de referência (BRASIL, 2012b; MMA, 2014). Neste sentido, a Lei aborda que a recomposição consiste no processo de plantio intercalado de espécies, podendo ser nativas de ocorrência regional com exóticas ou frutíferas, em sistema agroflorestal. No entanto, a área recomposta com espécies exóticas não poderá ultrapassar 50% da área total a ser recuperada (BRASIL, 2012a).

ii) **Regeneração natural** — é o restabelecimento da vegetação nativa decorrente de processos naturais, após o desmatamento parcial ou total de uma área (GAMA et al., 2002). Sendo que, o processo evolutivo dessa vegetação secundária até a formação de uma floresta semelhante à primária, pode durar até um século (POGGIANI, 1989).

iii) **Compensação** — a regularização é extra-propriedade, onde o produtor adquire/compra o direito de desmatamento de outro produtor (MAY et al., 2015). Podendo a compra ser feita mediante: a) aquisição de Cota de Reserva Ambiental (CRA) provinda de excedente de RL, de vegetação existente em propriedade com até 4 MF ou em propriedade no interior de Unidade de Conservação (UC), que ainda não tenha sido desapropriada; b) arrendamento de área sob regime de servidão ambiental e; c) cadastramento de outra área em imóvel de mesma titularidade (BRASIL, 2012a).

A compensação é um mecanismo que permite a redução dos custos de adequação devido à redução nos custos de oportunidade para os produtores rurais (BERNASCONI; ROMEIRO, 2011; BERNASCONI, 2014). Além disso, concretiza o conceito mundialmente almejado de “pagar pela floresta em pé”, e ameniza as imperfeições dos mecanismos de comando-controle (SPAROVEK, 2012). Constituindo assim, um instrumento econômico de criação de mercado, na medida em que envolve remuneração de um proprietário a outro — por meio de compra ou arrendamento de áreas com cobertura de vegetação (SPAROVEK, 2012; NUSDEO, 2007).

## 2.2 TOMADA DE DECISÃO DOS PRODUTORES RURAIS

A decisão dos agricultores em reflorestar é fortemente influenciada por suas percepções dos impactos econômicos e ecológicos da restauração e das políticas que as promovem (TREVISAN et al., 2016). Neste sentido, a literatura apresenta uma série de fatores sócio-demográficos, econômicos/financeiros, institucionais/políticos, ambientais e cognitivos que são determinantes da decisão dos produtores rurais em participar de programas de conservação ambiental, tais como:

- i) fatores comerciais/negócio afetam o comportamento expresso do agricultor e sua atitude em adotar medidas de conservação ambiental (DEFRANCESCO et al., 2008);
- ii) custos de oportunidade e impactos negativos sobre a produtividade/rentabilidade (GREINER; GREGG, 2011);
- iii) o relacionamento com os agricultores vizinhos (DEFRANCESCO et al., 2008);

- iv) tipo de exploração agrícola, tamanho da propriedade (VANSLEMBROUCK; VAN HUYLENBROECK; VERBEKE, 2002; WYNN; CRABTREE; POTTS, 2008);
- v) as atitudes ambientais dos agricultores são mais positivas entre os mais jovens e os mais instruídos (maior nível de escolaridade), ou seja, a idade e o grau de instrução se mostraram determinantes significativos na taxa de aceitação das políticas agroambientais (ZHANG et al., 2015);
- vi) conservação de estilo de vida e a preocupação com outros proprietários de terras — que possivelmente, não adotariam as práticas de conservação, não se comprometendo com os resultados da conservação (GREINER; GREGG, 2011);
- vii) incentivos financeiros, incluindo incentivos fiscais e arranjos de compartilhamento de custos, seriam mais eficazes em aliviar as restrições dos agricultores à adoção de práticas de conservação (GREINER; GREGG, 2011);
- viii) incerteza sobre o futuro da propriedade rural e percepção do ambiente — a visão de que a conservação não é prática e que não é necessária para melhorar o ambiente (GREINER; GREGG, 2011);
- ix) as opiniões dos agricultores sobre as práticas sustentáveis também têm demonstrado efeitos significativos sobre a adoção de medidas agroambientais (DEFRANCESCO et al., 2008).

A tomada de decisão é um processo complexo, pois geralmente envolve múltiplos objetivos, alternativas, interesses sociais e preferências (BANTAYAN; BISHOP, 1998). Neste sentido, existe uma série de modelos, sistemas, teorias e ferramentas que procuram fornecer subsídios para o entendimento de tomada de decisão. Essas abordagens já foram aplicadas e têm demonstrado bons resultados

para explicar as decisões dos proprietários de terras em adotar medidas agroambientais, Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de abordagens aplicadas em estudo de comportamento ambiental de agricultores.

Estudo	Abordagem
(VAN DIJK et al., 2016)	Teoria do comportamento planejado de (AJZEN, 1991)
(DEFRANCESCO et al., 2008)	<i>Logit multinomial</i>
(MURRAY-PRIOR, 1998a)	Modelo de decisão hierárquica
(BANTAYAN; BISHOP, 1998)	Processo analítico hierárquico
(VELDKAMP; VERBURG, 2004)	Modelagem e simulação baseada em agentes
(LIGTENBERG et al., 2001)	Sistema multi-agente
(ROTH; BOTHA, 2009)	Árvore de decisão

### 2.2.1 Árvore de decisão: entrevistas e dados censitários

As árvores de decisões são modelos sequenciais que combinam logicamente uma série de testes simples (KOTSIANTIS, 2013). Classificam casos usando uma representação baseada em árvore por meio de algoritmos de aprendizado de máquina (SOUSA; MATTOSO; EBECKEN, 1998), por exemplo, CART (BREIMAN et al., 1984) e C4.5 (QUINLAN, 1993) — uma extensão do ID3 de Quinlan (1986), conhecido no Weka como J48 após implementação em Java do C4.5.

Esse algoritmo utiliza a estratégia de indução de árvores de decisões que busca compartimentar as características em regiões homogêneas, sem focar em todas as classes, gerando assim, as regras de classificação a partir de uma perspectiva geral (HALE, 1981). O desenvolvimento da árvore se inicia pelo nó raiz (pai) e continua pelos filhos (nó decisão), sendo que a classificação pode ser utilizada

para os propósitos de modelagem descritiva e preditiva, qualitativa e quantitativa (HALE, 1981). Assim, é considerado o melhor atributo para dividir e com maior ganho de informação, logo, é o mais utilizado para descobrir regras de associação e o mais abordado na literatura (STUURMAN; VALE, 2016).

De acordo Quinlan (1993), o algoritmo C4.5/J48 usa uma estratégia do tipo “dividir para conquistar”, a partir de um conjunto de dados de treinamento  $T$  contendo classes  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ , com as seguintes possibilidades:

- i)  $T$  contém um ou mais objetos, sendo todos da classe  $C_j$  — assim, a árvore de decisão para  $T$  é um nó folha que identifica a classe  $C_j$ ;
- ii)  $T$  não contém objetos — a árvore de decisão também é um nó folha, mas a classe associada deve ser determinada por uma informação externa  $T$ . Por exemplo, a folha pode ser escolhida de acordo com algum conhecimento de domínio, tal como base a maioria da classe geral (o algoritmo C4.5/J48 usa a classe mais frequente como pai deste nó);
- iii)  $T$  contém exemplos pertencentes a mais de uma classe — neste caso, a ideia é dividir  $T$  em subconjuntos que são, ou tendem a dirigir-se para, coleções de exemplos com classes únicas.

Para isso, é escolhido um atributo preditivo  $A$ , que possui um ou mais possíveis resultados  $O_1, O_2, \dots, O_n$ .  $T$  é particionado em subconjuntos  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , onde,  $T_i$  contém todos os exemplos de  $T$  que têm resultado  $O_i$  para o atributo  $A$ . A árvore de decisão para  $T$  consiste de um nó de decisão identificando o teste sobre o atributo  $A$ , e um ramo para cada possível resultado, ou seja,  $n$  ramos. Esse processo é replicado para cada subconjunto, de modo que o ramo leva a árvore de decisão construída a partir do subconjunto de atributos  $T_i$  (QUINLAN, 1993).

Em geral, o conjunto de treinamento é subdividido por meio de regras até atingir uma partição que representa casos totalmente pertencente à mesma classe ou até que seja atingido um critério (pré-poda) (STUURMAN; VALE, 2016). O seu “funcionamento é análogo ao de um fluxograma em forma de árvore criando sub-árvores até chegar às folhas (categoria final da classificação), o que implica numa sequência hierárquica de divisões” (SANTOS, 2014, p. 36).

A modelagem de árvore de decisão etnográfica (EDTM), por exemplo, é descritiva e preditiva, examina as decisões do mundo real e os critérios que influenciam essas decisões (GLADWIN, 1989; MURRAY-PRIOR, 1998). Essa não é uma técnica de caixa-preta para testar a interpretação do conhecimento interno do pesquisador, é uma maneira de construir um modelo de sistema especialista baseado em computador, dos processos de decisão interna dos próprios termos internos e fraseando seus critérios de decisão (BACK et al., 1991).

Na abordagem etnográfica, o modelo é composto por um grupo de indivíduos específico, e em seguida, é testado contra os dados de outros indivíduos do grupo, isto é necessário se quisermos prever o comportamento em um grupo (BACK et al., 1991). O uso de EDTM permite a predição da decisão dos participantes, uma vez que os critérios de decisão são conhecidos, assim, se um determinado conjunto de critérios é verdadeiro para um participante, a árvore poderá prever a sua decisão antes de observar o que eles vão fazer (ROTH; BOTHA, 2009).

“Modelos de árvore de decisão têm sido utilizados para estudar a tomada de decisão de produtores rurais em uma variedade de contextos e aplicados com sucesso” (DARNHOFER; SCHNEEBERGER; FREYER, 2005, p. 41, tradução nossa). Neste sentido, Darnhofer, Schneeberger e Freyer (2005) estudaram a lógica subjacente que motiva o comportamento dos produtores rurais nas razões para

adotarem o manejo orgânico na agricultura ao invés do manejo tradicional, utilizando a modelagem de árvore de decisão etnográfica baseando-se em entrevistas com 21 agricultores no norte da Austrália (Weinviertel).

Aalders e Aitkenhead (2006) explorou três metodologias de modelagem, entre elas a árvore de decisão para verificar a capacidade de prever o uso de terras agrícolas com base em informações do Censo Agropecuário na Escócia. Segundo os autores, o maior sucesso medido, com uma combinação de precisão, flexibilidade de manipulação de dados e facilidade de compreensão do modelo por parte do utilizador, foi obtido pelo método de árvore de decisão.

Guillem e Barnes (2013) por sua vez, exploraram tipologias baseadas em percepção de 46 agricultores por meio de questionários em Lunan, Escócia, para desenvolver e descrever à nível de agricultor, tipologia convencional baseado nas percepções de que são titulares para a conservação ecológica, em particular aves e seus objetivos agrícolas e para refinar essas tipologias através da análise das estratégias agrícolas dos últimos dados do censo agropecuário e do sistema de controle integrado de gestão. Já Roth e Botha (2009) combinou a modelagem de árvore de decisão etnográfica de Gladwin (1989) e uma adaptação do modelo transteórico desenvolvido por Prochaska, Di Clemente e Norcross (1992), para explorar processos de tomada de decisão dos agricultores em um estudo de caso que entrevistou 29 produtores no distrito de Wanganui, Nova Zelândia.

Os estudos de tomada de decisão têm buscado cada vez mais a combinação das abordagens de modelagem objetiva (quantitativa) e subjetiva (qualitativa, participativa) (BANTAYAN; BISHOP, 1998). Para avançar nos estudos de atitudes ambientais dos produtores rurais, além das descrições fornecidas pelas ferramentas quantitativas existentes, é sugerido o uso de abordagem qualitativa (entrevistas) para

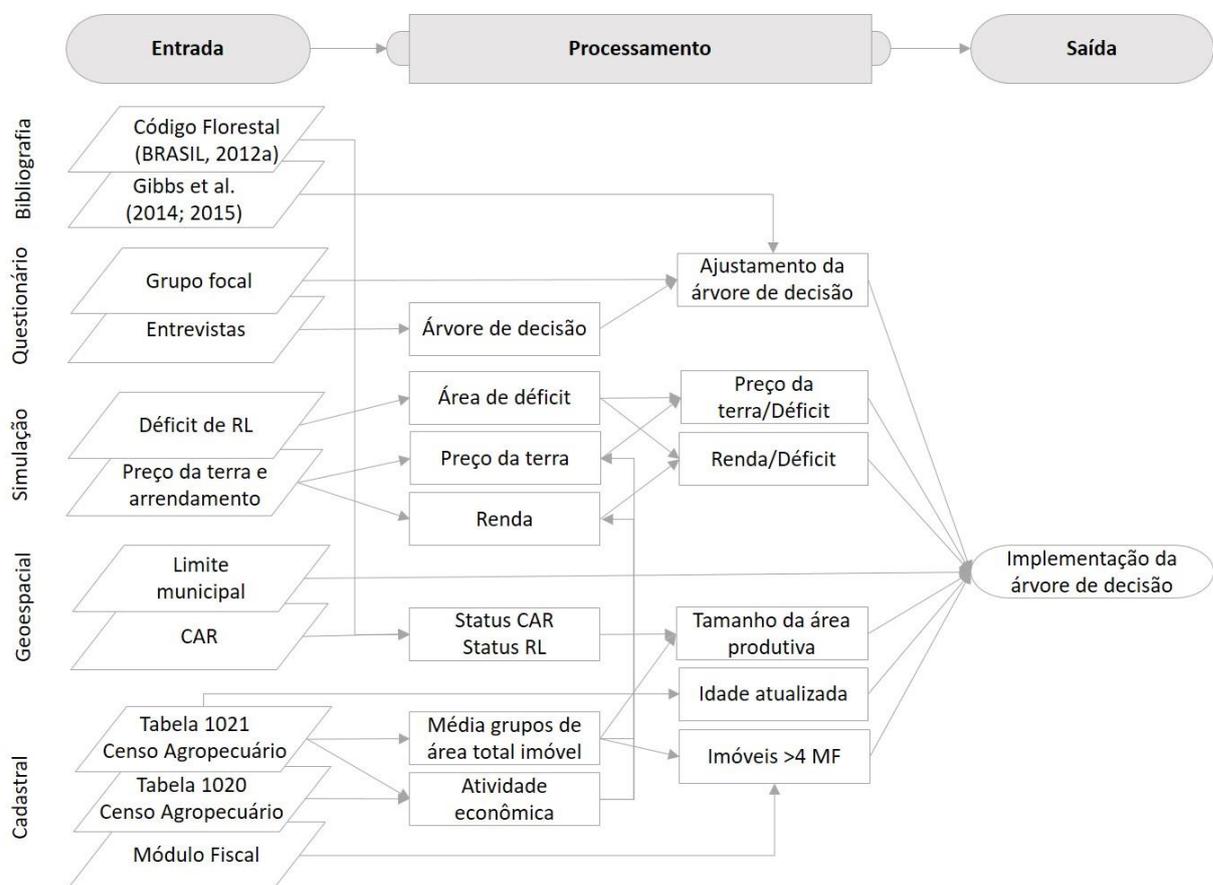
expandir essas descrições e entender os aspectos relevantes que influenciam o comportamento dos produtores a adotarem medidas de conservação (REIMER; THOMPSON; PROKOPY, 2012).

Dessa forma, propõe-se uma metodologia para a estimativa da demanda por regularização do déficit de RL que utiliza métodos mistos (integração de abordagens qualitativas e quantitativas), conforme descrito a seguir.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para melhor compreensão dos procedimentos adotados, a Figura 1 apresenta o arcabouço metodológico utilizado para estimar a demanda por regularização a partir da tomada de decisão dos produtores rurais.

Figura 1 - Metodologia aplicada para estimar a demanda por regularização.



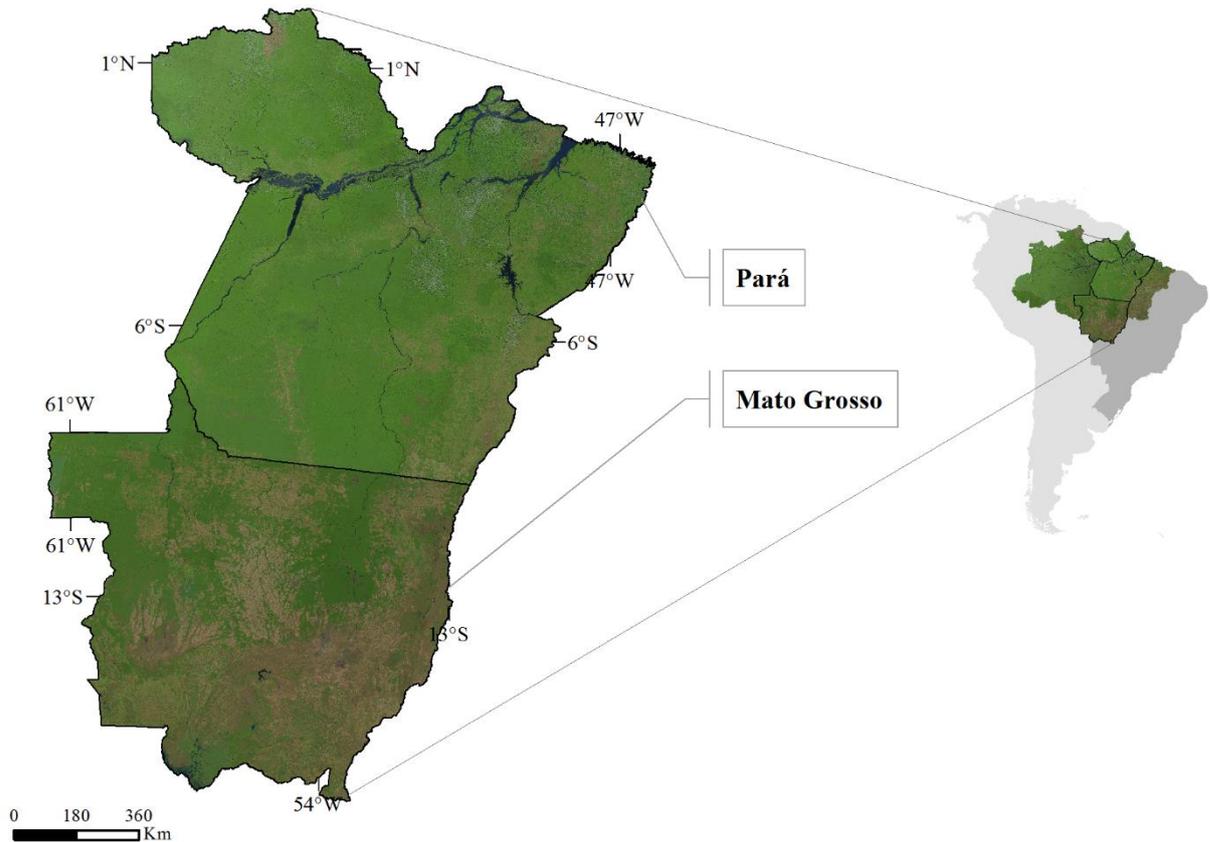
Fonte: Elaboração própria.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado nos estados do Pará e Mato Grosso, localizados nas regiões norte e centro-oeste do Brasil, em área da Amazônia Legal (Figura 2). Esses

estados possuem vasta extensão territorial, juntos cobrem aproximadamente  $\frac{1}{4}$  do território nacional e são subdivididos em 144 e 141 municípios, respectivamente (IBGE, 2013).

Figura 2 - Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado com dados do IBGE (2013).

Essa pesquisa tem foco específico na RL nos estados do Pará e Mato Grosso, pois a RL: i) corresponde a maior área de vegetação nativa exigida para conservação nas propriedades rurais (BRASIL, 2012a); e ii) possui um volume significativo de passivo e ativo (SOARES-FILHO et al., 2014a). E a área de estudo: i) é pioneira na criação do CAR, antes mesmo de se tornar uma obrigação legal em nível nacional (AZEVEDO et al., 2014); ii) está sob influência da fronteira agrícola Amazônica — arco do desmatamento (DOMINGUES; BERMANN, 2012; FERREIRA; VENTICINQUE;

ALMEIDA, 2005); iii) lidera o *ranking* com maiores taxas de desmatamento na Amazônia Legal nos últimos 28 anos (INPE, 2016); iv) possui as maiores áreas de RL em extensão absoluta a serem recuperadas e ainda apresenta uma porção significativa de ativos de RL (SOARES-FILHO et al., 2014b); e v) tem se esforçado para reduzir o desmatamento (NUNES et al., 2016).

### 3.2 COLETA DE DADOS

A tomada de decisão dos produtores rurais em regularizar seus déficits de RL foi estudada a partir de 77 entrevistas realizadas em 17 municípios da área de estudo (PACHECO et al., 2017) e dados secundários do Censo Agropecuário (IBGE, 2006), balanço do Código Florestal (SOARES-FILHO et al., 2014a), preço e arrendamento da terra (IBRE/FGV, 2012) e CAR (IPAM, 2012), conforme elencado na Tabela 2.

Tabela 2 - Número de coletas e análises.

Dados de entrada	Nível	Tipo	Fonte	Coleta	Análise
Déficit de RL	Municipal	Simulação	Soares-Filho et al. (2014a)	7.472.298 ha	7.472.295 ha
Preço da terra			IBRE/FGV (2012)	285	277
Limite municipal		Geoespacial	IBGE (2013)	285	277
CAR	Produtor		IPAM (2012)	-	-
Censo agropecuário		Cadastral	IBGE (2006)	393,406	116,970
Entrevista		Questionário	Pacheco et al. (2017)	77	34
Grupo focal			Pacheco et al. (2017)	-	-

Fonte: Elaborado com dados usados na pesquisa.

É importante destacar que a coleta, processamento e análise dos dados foram realizadas anteriormente a divulgação do CAR em nível nacional pelo Serviço Florestal Brasileiro.

### 3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS

#### 3.3.1 Secundários

Os dados cadastrais, geoespaciais e simulados foram processados para compor a base no nível da propriedade rural agregada por município. Utilizando os atributos dos produtores rurais contidos na 'Tabela 1021 do Censo Agropecuário', foi calculado a média da classe de cada grupo de área total do imóvel em hectares<sup>5</sup>, em seguida, esses valores foram divididos pelo módulo fiscal do município de localização e classificado os tamanhos dos imóveis em pequeno ( $\leq 4$  MF), médio ( $4 < \text{MF} \leq 15$  MF) e grande ( $> 15$  MF), para excluir os pequenos. Tendo em vista a falta de alguns dados, a existência de outros dos quais não possuíam o mesmo cruzamento e diferentes fontes, foi necessário fazer as seguintes estimativas e imputação de dados: (1) atividade econômica; (2) atualização da idade; (3) *status* CAR; (4) *status* RL; (5) tamanho da área produtiva; (6) área de déficit; (7) preço da terra; (8) renda; (9) renda por passivo e (10) preço da terra por passivo.

(1) Atividade econômica — verificou-se a porcentagem de produtores por município com agricultura e pecuária como atividade econômica na 'Tabela 1020 do Censo Agropecuário' e atribuiu essa porcentagem aos dados da 'Tabela 1021 do Censo Agropecuário'<sup>6</sup>. (2) Atualização da idade — as classes de idade dos produtores rurais foram atualizadas para tentar se aproximar da idade atual, tendo em vista que

---

<sup>5</sup> Exemplo: Um grupo com classe de área total do imóvel de 500 --| 1000, então,  $(500 + 999) \div 2 = 749,5$ .

<sup>6</sup> Exemplo: Na Tabela 1020, 70% dos produtores no município X possuem como atividade econômica a pecuária, logo, esse percentual foi alocado de forma contingente para os produtores do mesmo município da Tabela 1021.

os dados utilizados do Censo Agropecuário são de 2006, para isto foi somado 10 anos em cada uma das classes<sup>7</sup>.

(3) *Status* CAR — o CAR foi usado como amostra na identificação das propriedades cadastradas e na distribuição do desmatamento dentro das propriedades. Para isto, os dados do CAR foram filtrados por classe de MF (para obter os imóveis registrados com área acima de 4 MF) e por classe de área desmatada (Tabela 3), tais informações observadas foram atribuídas proporcionalmente aos dados da ‘Tabela 1021 do Censo Agropecuário’.

(4) *Status* RL — as classes de área desmatada foram reclassificadas (Tabela 3) baseando nos pressupostos: i) produtores que desmataram até 20% da propriedade possuem ativo de RL; ii) produtores que desmataram entre 20 e 50% da propriedade (possuem entre 50 e 80% de RL) não possuem ativo nem passivo, i.e. nulo; iii) produtores que desmataram entre 50 e 80% da propriedade possuem pouco passivo; e iv) produtores que desmataram entre 80 a 100% da propriedade possuem muito passivo. Com isso, foi possível atribuir essas informações arbitrariamente condicionado ao estado (Pará ou Mato Grosso) e à classe de tamanho dos imóveis (4 --| 15 MF ou > 15 MF) nos dados contidos na ‘Tabela 1021’ e selecionar os produtores com passivo.

(5) Tamanho da área produtiva — foi calculada a partir da classe de área desmatada observada no CAR (Tabela 3), utilizando um valor contingente multiplicado pela média da classe de área total em que o produtor está enquadrado<sup>8</sup>. (6) Área de déficit — o déficit de RL por municípios foram distribuídos entre os produtores definidos com ‘pouco ou muito déficit’, condicionado ao resultado da distribuição

<sup>7</sup> Exemplo: A classe de idade < 25 anos passou a ser < 35 anos.

<sup>8</sup> =aleatório( )\*(valor superior - valor inferior) + valor inferior. Exemplo: Um produtor enquadrado na classe de desmatamento 50 --| 80% e média da classe de área total do imóvel 749,5 ha, então, =aleatório( )\*(0.8 - 0.5)+0.5 => 0.69 \* 749,5 => 517,16.

uniforme (se fosse maior que a média da classe de área total do produtor, então, o passivo seria igual a essa média).

Tabela 3 - Número e porcentagem de propriedades por classe de área desmatada em relação ao tamanho da propriedade.

AD/APRT Classe	Pará				Mato Grosso				Status da RL
	4 --  15 MF		> 15 MF		4 --  15 MF		> 15 MF		
≤ 20%	1.088	17%	1.056	28%	489	18%	743	29%	Ativo
20 --  50%	1.228	19%	728	20%	470	17%	678	26%	Nulo
50 --  80%	1.514	23%	931	25%	908	33%	719	28%	Pouco déficit
80 --  100%	2.735	42%	1.004	27%	875	32%	423	17%	Muito déficit
Total	6.565	100%	3.719	100%	2.742	100%	2.563	100%	-

Fonte: Elaborado com dados usados na pesquisa. AD – área desmatada; APRT – área da propriedade rural total.

(7) Preço da terra — foi baseado na média municipal entre os valores máximos e mínimos dos preços de terras agrícola ou pastagem de acordo com atividade econômica (agricultura ou pecuária). (8) Renda — foi calculada a partir do preço médio municipal entre os valores máximos e mínimos para agricultura ou pecuária de acordo com a atividade econômica do produtor e o tamanho da área produtiva. (9) Renda por déficit e (10) Preço da terra por passivo — divisão da renda e do preço da terra pela área de déficit de cada produtor.

### 3.3.2 Questionários

Foi gerada uma árvore de decisão por meio do algoritmo de classificação J48 (QUINLAN, 1993) no *software WEKA Explorer*, utilizando características dos produtores que declararam possuir déficit de RL (34 dos 77 entrevistados).

Sendo, 14 variáveis explicativas:

**i) Atributos do produtor:** idade, escolaridade, renda, nível de conhecimento do Código Florestal e CAR;

**ii) Atributos da propriedade:** preço da terra, atividade econômica, forma de aquisição da propriedade, CAR, preço da terra/passivo, passivo/preço da terra, renda/passivo, passivo/renda e passivo/área da propriedade.

E uma variável resposta categórica:

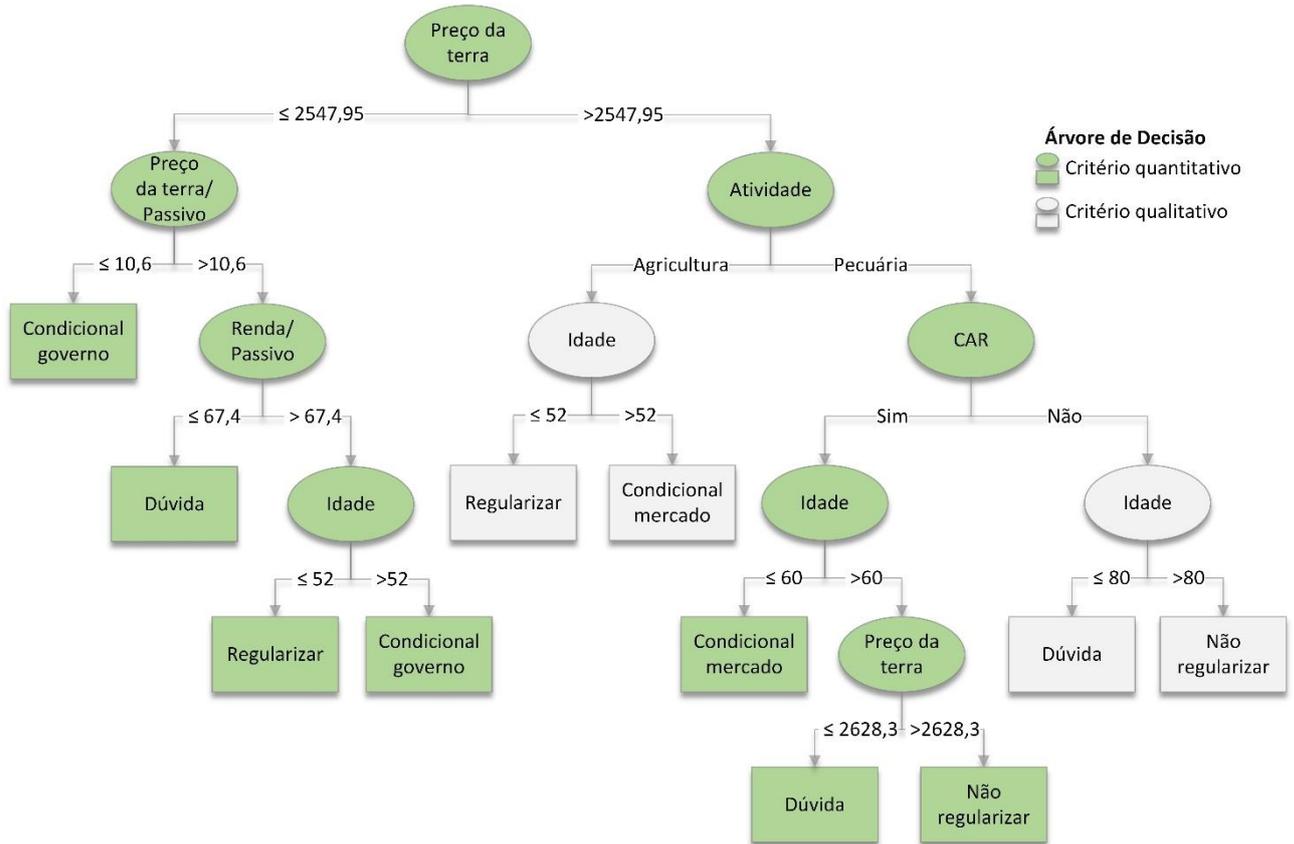
**i) Tomada de decisão do produtor:** regularizar, condicional ao governo, condicional ao mercado, dúvida e não regularizar.

Após a execução do classificador que caracterizou o conjunto de dados de acordo com a variável resposta, obteve-se a árvore de decisão que considerou seis atributos (idade, tipo de atividade, CAR, preço da terra, preço da terra/passivo, renda/passivo). Essa árvore foi ajustada (Figura 3) dada a necessidade de incluir outras questões não reveladas pela amostra. Para isto, suposições qualitativas foram feitas com base em: i) discussão em grupo focal com produtores rurais no estado do Pará; ii) conhecimento/convivência com possuidores de imóveis rurais no sul do Pará; e iii) estudos que mostram a conformidade de medidas de mercado para a soja (GIBBS et al., 2014) e para a carne (GIBBS et al., 2015) — a chamada moratória da soja e moratória da carne.

Esses estudos sobre a moratória da carne e da soja podem indicar a propensão dos produtores rurais em adequarem seus déficits de Reserva Legal, caso seja exigido pelo mercado, tendo em vista que demonstraram que os acordos da cadeia de suprimentos incentivaram a rápida mudança no comportamento de frigoríficos (excluindo propriedades com desmatamento e restringindo o acesso ao mercado para propriedades não registradas no CAR) e de produtores rurais

relacionado ao desmatamento e registro de propriedades no CAR, contribuindo com o avançando de medidas colocadas pelo governo (GIBBS et al., 2014, 2015).

Figura 3 - Árvore de decisão ajustada.



### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

A demanda por regularização do déficit de RL foi estimada a partir da implementação da árvore de decisão ajustada (utilizando os dados secundários) e análise de quatro cenários de implementação do Código Florestal — para entender a tomada de decisão dos produtores rurais em diferentes níveis de exigência pela regularização, partindo de um cenário menos exigente do ponto de vista regulatório e de implementação até o mais restrito (Tabela 4).

Tabela 4 - Cenários analisados.

Cenário	Descrição	Análise
<i>Business as usual</i> (BAU)	Considera que os produtores rurais tomarão suas decisões sem pressão adicional direta, ou seja, não é a ausência de pressão, mas sim as ações já submetidas;	$\mathbb{R}_{\min} = R$ $\mathbb{R}_{\text{méd}} = \frac{D}{2} + R$ $\mathbb{R}_{\max} = D + R$
Governamental (Gov)	Os produtores são condicionados à pressão do governo;	$\mathbb{R}_{\min} = R + G$ $\mathbb{R}_{\text{méd}} = \frac{D}{2} + R + G$ $\mathbb{R}_{\max} = D + R + G$
Mercadológico (Mer)	Neste outro cenário condicional, a tomada de decisão em regularizar é relativa à exigência de mercado;	$\mathbb{R}_{\min} = R + M$ $\mathbb{R}_{\text{méd}} = \frac{D}{2} + R + M$ $\mathbb{R}_{\max} = D + R + M$
Governamental e Mercadológico (Gov e Mer)	Por último, um cenário que combina a cobrança do governo e mercado.	$\mathbb{R}_{\min} = R + G + M$ $\mathbb{R}_{\text{méd}} = \frac{D}{2} + R + G + M$ $\mathbb{R}_{\max} = D + R + G + M$

Fonte: Elaboração própria. Tomada de decisão dos produtores: D – dúvida, R – regularizar, G – governo e M – mercado.

Na análise dos cenários foi estimado se o produtor regulariza o déficit de RL e um intervalo de confiança utilizando a classe ‘dúvida’ para definir o limite inferior (demanda mínima) e superior (demanda máxima) na estimativa de variação da demanda por regularização no município. Essa alternativa foi adotada tendo em vista que não foi possível estimar o intervalo de confiança em termos probabilísticos. Além disso, a classificação por critério quantitativo não se apresentou muito robusta para garantir a tomada de decisão em ‘regularizar’ e ‘não regularizar’ (possivelmente, devido a limitação da base). Para isto, foi considerado:

- i) **Regularização mínima por município ( $\mathbb{R}_{\min}$ )** — soma de decisões em ‘regularizar’ no cenário;
- ii) **Regularização média por município ( $\mathbb{R}_{\text{méd}}$ )** — soma de decisões em ‘regularizar’ e metade das ‘dúvidas’;

**iii) Regularização máxima por município ( $\mathbb{R}_{\text{máx}}$ )** — soma de decisões em ‘regularizar’ e ‘dúvidas’.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área total demandada para regularização no cenário BAU gira em torno de 33% (2,5 Mha) do déficit analisado (7,5 Mha), podendo variar 30% (744.237 ha) para mais ou menos da área estimada, ou seja, 10% do déficit analisado (Tabela 5; Figura 4). Cerca de 75% (1,9 Mha) da área estimada está concentrada no estado do Mato Grosso, enquanto no Pará, é estimado em cerca de 604 mil hectares. Apesar do estado do Mato Grosso aparecer com a maior concentração da área regularizável, o Pará apresenta o maior número de produtores que se mostram dispostos a regularizar sem condicionantes (Tabela 6) — cerca de 66% dos mais de 44 mil produtores enquadrados neste cenário —, isso porque a concentração do passivo por produtor no Pará é menor.

Os resultados do cenário governamental demonstram que área demandada para regularização é 13% (317.218 ha) maior que no cenário, correspondendo ao total de 2,8 Mha podendo variar 27% desse valor ou 10% da área total para mais ou menos (Figura 4). O incremento desse cenário em relação ao anterior ocorre no estado do Pará (Tabela 6). Já no cenário mercadológico, houve um aumento de 111% (3 Mha) da área regularizável em relação ao cenário governamental (Tabela 5). Em números absolutos passou de 2,8 Mha para mais de 5,8 Mha, com variação de 13% desse valor (Figura 4). A demanda provável por regularização do déficit de RL estimada no cenário que considera exigências de governo e mercado é na ordem de 83% (6,2 Mha) da área de déficit analisada, com uma variação de 12% desse valor para mais ou para menos (Figura 4). Houve um aumento percentual de 5% (317.218 ha) da demanda em relação ao cenário anterior.

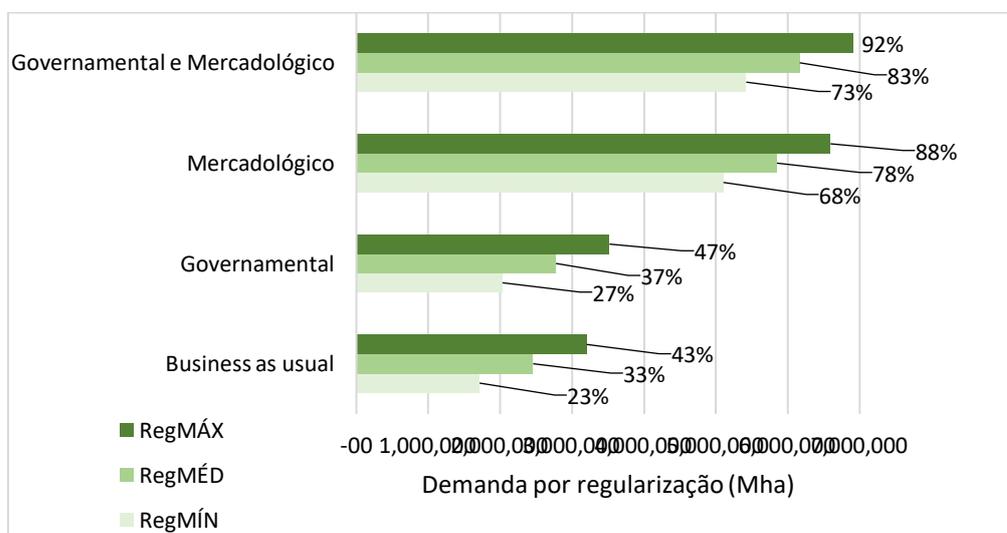
Tabela 5 - Estimativa da demanda por regularização.

Cenários	Total			
	Área		Produtores	
	ha	%	<i>n</i>	%
<i>Business as usual</i> (BAU)	2.458.297	33	44.804	38
Governamental (Gov)	2.775.515	37	59.519	51
Mercadológico (Mer)	5.848.939	78	90.603	78
Governamental e Mercadológico (Gov e Mer)	6.166.157	83	105.318	90

Fonte: Resultados da pesquisa.

Se compararmos a intensidade da demanda nos cenários analisados, observamos uma dinâmica de crescimento à medida que os cenários de implementação do Código Florestal ficam mais restritos do ponto de vista regulatório, partindo de uma demanda total estimada em 33% no cenário tendencial, 37% no governamental, 78% no mercadológico, chegando a 83% no governamental e mercadológico. Sendo que a variação da área demanda para regularização representa 10% do déficit total analisado, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4 - Demanda de área provável por restauração/compensação.



Fonte: Resultados da pesquisa.

A “dúvida” dos produtores é um fator crítico na demanda por regularização, já que pode afetar positiva/negativamente (para mais ou menos) na quantidade de área a ser restaurada/compensada, como destacado na Figura 4. Ou seja, a tomada de decisão do produtor em nível de propriedade rural impacta no volume de área a ser regularizada em nível municipal e estadual. Essa questão, merece uma análise cuidadosa por parte do Estado, visando a adoção de medidas informativas, incentivadoras e/ou condutoras para ampliar a capacidade efetiva de implementação do Código Florestal, tendo em vista o histórico de descumprimento da lei abordado por Stickler et al. (2013), Soares-Filho et al. (2014a), Schmidt e Mcdermott (2015), Nunes et al. (2016) e Trevisan (2016).

Tabela 6 - Estimativa da demanda por regularização por estado.

Cenário	Pará				Mato Grosso			
	Área		Produtores		Área		Produtores	
	ha	%	<i>n</i>	%	ha	%	<i>n</i>	%
BAU	604.689	38	29.653	66	1.853.608	32	15.151	34
Gov	921.907	57	44.368	75	1.853.608	32	15.151	25
Mer	1.193.235	74	51.185	56	4.655.704	79	39.418	44
Gov e Mer	1.510.453	94	65.900	63	4.655.704	37	39.418	79

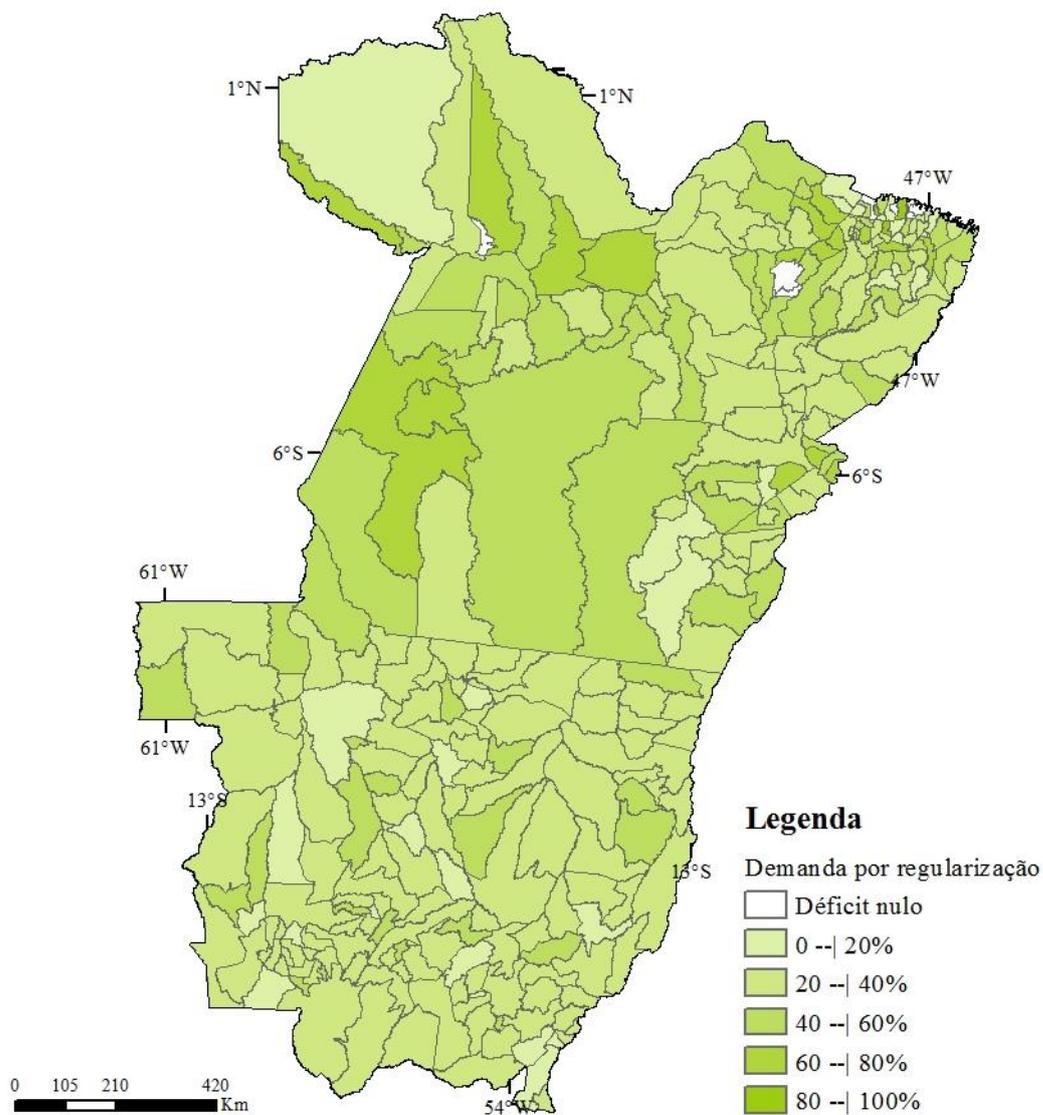
Fonte: Resultados da pesquisa.

#### 4.1 CENÁRIO *BUSINESS AS USUAL*

A maior a parte da demanda por regularização no cenário tendencial se concentra em torno de 20 a 40% em 161 municípios (sendo 104 no Mato Grosso e 57 no Pará) e em 66 municípios com demanda entre 40 e 60% (43 municípios no Pará e 23 no Mato Grosso), conforme demonstrado na Figura 5.

No Pará, o menor preço da terra aliado ao menor passivo pode estar entre os principais fatores condutores da tomada de decisão em regularizar. Portanto, a regularização para estes produtores seria relativamente de menor custo, visto que demandariam aquisição de pouca área com floresta (sendo estas de baixo preço) já que possuem pouco passivo, em caso de compensação ou a restauração natural já que o custo de oportunidade é baixo.

Figura 5 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário BAU.



Fonte: Resultados da pesquisa.

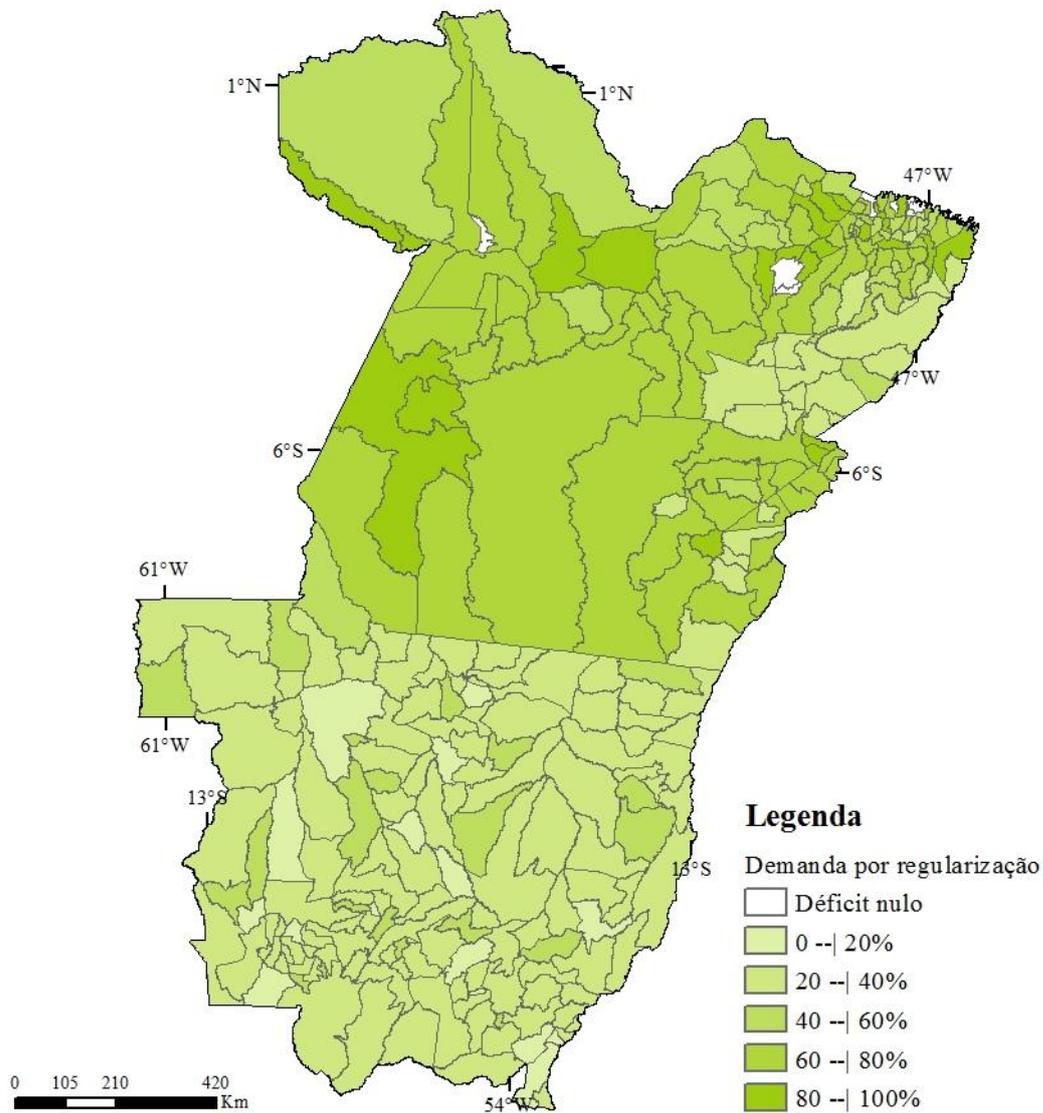
No total, a demanda chegaria a menos de 35% neste cenário, ou seja, a tomada de decisão em regularizar sem considerar a inserção de outros fatores motivadores seria relativamente baixa. Isto reflete claramente a necessidade de intervenções estratégicas por parte do Estado para implementação de normas e exigências de mercado, bem como o apoio e incentivo à regularização do déficit de RL, afim de ampliar e aprimorar a preservação ambiental da RL dado o indicativo de baixa adesão à regularização no cenário atual.

#### 4.2 CENÁRIO GOVERNAMENTAL

Nesse cenário, a demanda por regularização aumentou em boa parte dos municípios paraenses (Figura 6), isso pode estar atrelado ao risco de penalização (e.g. multas, limitações de crédito rural) que se efetivada poderia demandar maior custos do que a regularização, dada a grande oferta de ativo florestal e o baixo preço da terra no estado do Pará comparado Mato Grosso, que não apresenta mudanças na demanda por regularização em relação ao cenário anterior.

Os produtores que não reagiram ao conjunto de condições deste cenário (intervenções de políticas pública na promoção da regularização) merecem certa atenção, pois as exigências de governo não se demonstraram muito eficaz, provavelmente, ações de cunho econômico proporcionará maior efeito.

Figura 6 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Gov.



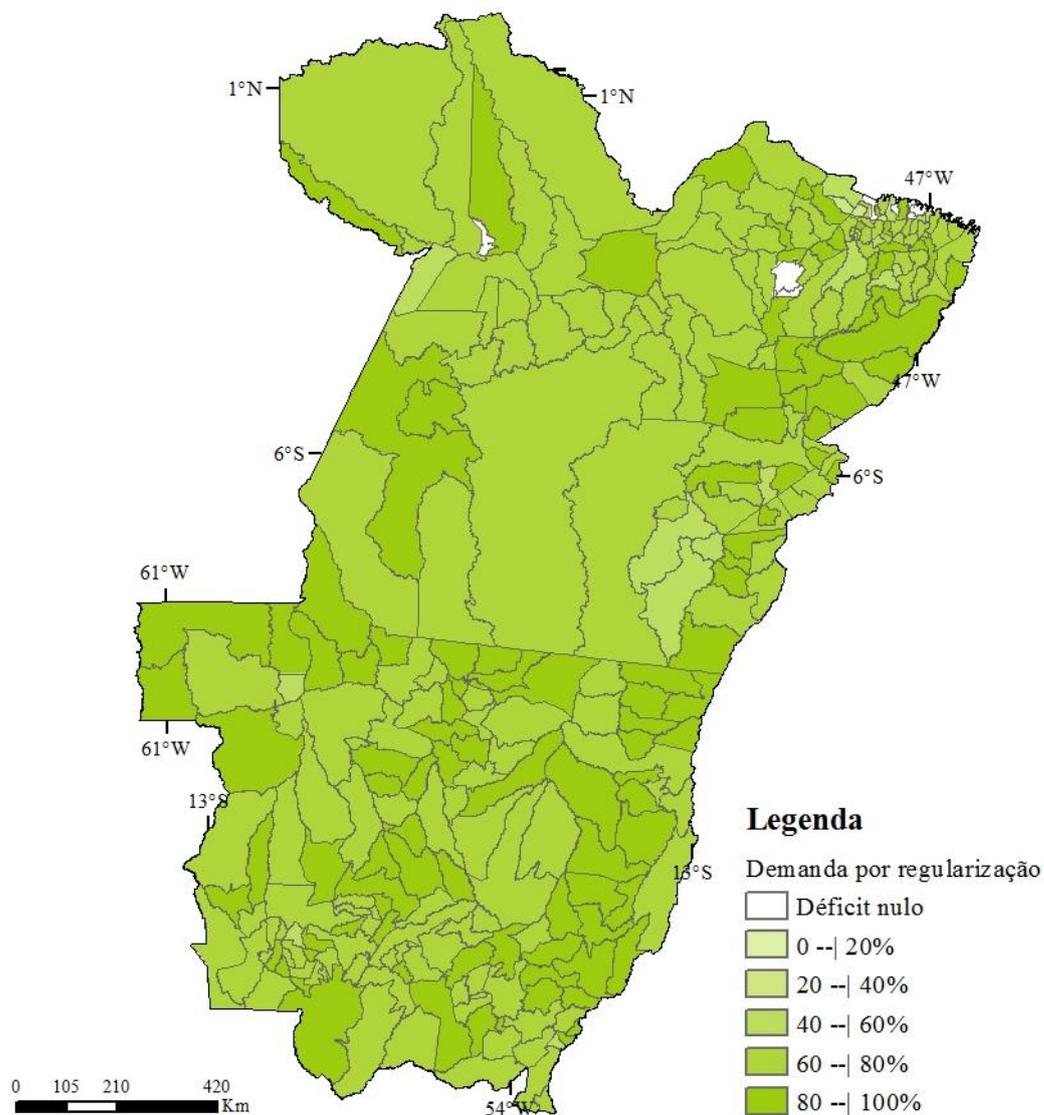
Fonte: Resultados da pesquisa.

### 4.3 CENÁRIO MERCADOLÓGICO

Esse cenário revela que ações de cunho mercadológico atribuem mais eficiência na tomada de decisão do produtor em regularizar e conseqüentemente no aumento da demanda por regularização (Figura 7). Isto pode ser notado principalmente nos municípios mato-grossense que aparecem com forte demanda por regularização. Essa situação pode estar ligada ao fato de que o Mato Grosso concentra os maiores

proprietários de terras com maior poder de produção e aquisitivo do agronegócio brasileiro, então, as exigências de mercado pode proporcionar esse pico de regularização. Entre os três cenários já analisados — levando em consideração o contexto da tomada de decisão do produtor rural em meio a pressão pela regularização e sua resistência —, o cenário mercadológico se mostrou mais influente.

Figura 7 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Mer.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Se por um lado, Defrancesco et al. (2008) concluíram que os produtores rurais não-adeptos resistentes às adoções voluntárias de práticas de conservação têm uma abordagem orientada para os lucros, uma vez que o rendimento total dos agregados familiares é largamente dependente da agricultura e, em geral, pretendem continuar a sua atividade no futuro. Por outro lado, observamos que os produtores adotariam a regularização do déficit de RL mediante pressões de mercado justamente para manter a produção e a renda, uma vez que poderiam colocar em risco a comercialização de produtos agropecuários, por exemplo, dada a restrição de mercado para produtores que não cumprissem com os regulamentos ambientais.

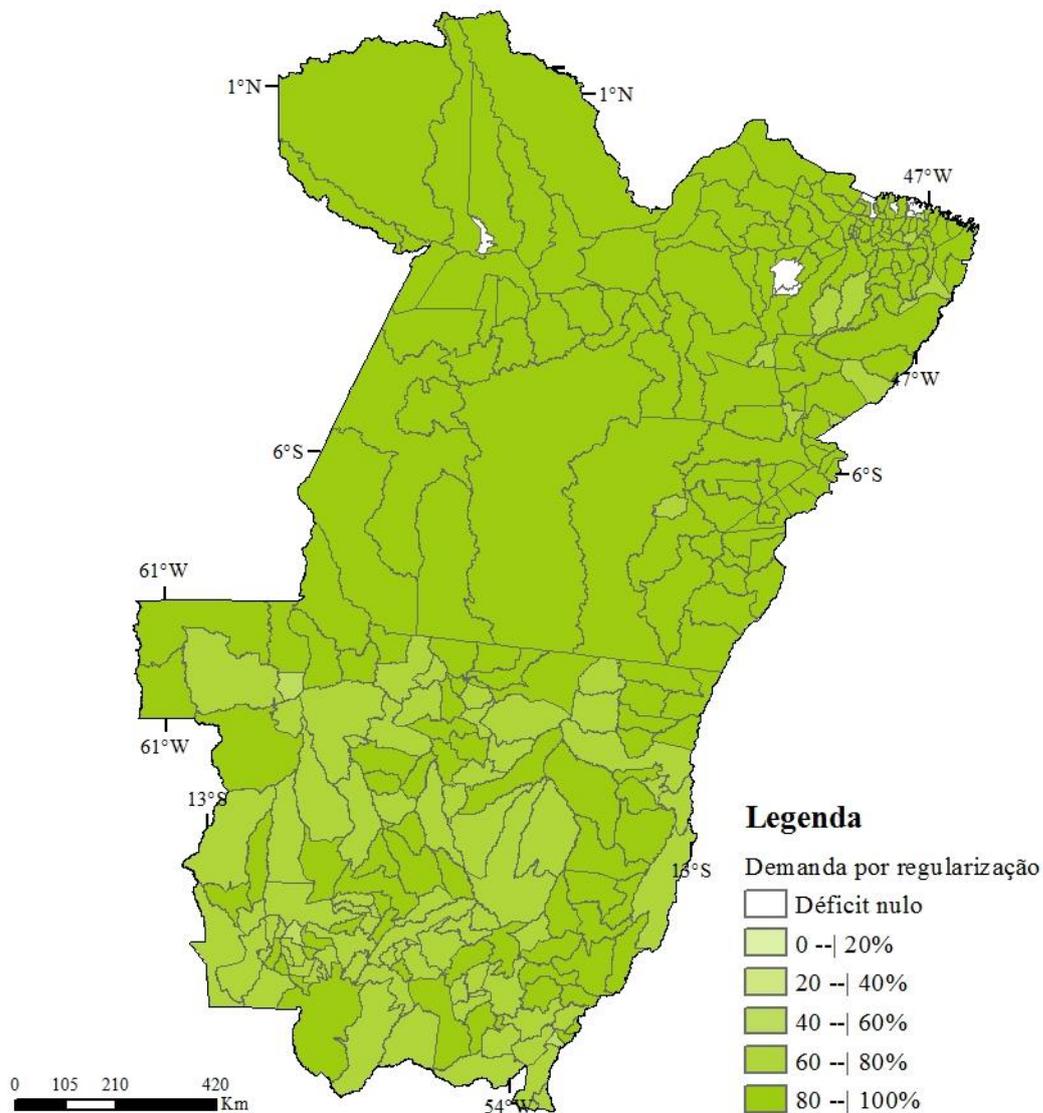
Alguns produtores rurais entendem a necessidade de seguir as exigências do mercado para conseguir vender seus produtos (e.g. soja e boi), independentemente das leis ambientais (PACHECO et al., 2017). Ou seja, se o mercado exigir a regularização ambiental, os produtores rurais terão de se adequar para entrar no mercado. Logo, o mercado se apresenta como a exigência de mercado apresenta elevado potencial.

#### 4.4 CENÁRIO GOVERNAMENTAL E MERCADOLÓGICO

A combinação das exigências de governo e mercado elevam consideravelmente a demanda por regularização em toda área de estudo. Quando o assunto é ações que mobilizam os proprietários rurais na regularização do déficit de RL, a combinação governo e mercado se mostrou mais forte, fato esse confirmado neste cenário. Observamos que a demanda por regularização do passivo de RL nos estados do Pará e Mato Grosso, tende a crescer na medida em que exigência

governamental (e.g. multas, restrição de crédito rural, fiscalização etc.) e mercadológica (e.g. exigência de regularização ambiental para comercializar produtos agropecuários, exemplo da moratória da soja e da carne) sejam consideradas. Como observado por Gibbs et al. (2014) e (2015) em relação à exigência do CAR e o combate ao desmatamento ilegal.

Figura 8 - Demanda por regularização de passivo por município no cenário Gov e Mer.



Fonte: Resultados da pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou duas vertentes. Em primeiro lugar, poucos produtores rurais tendem regularizar o passivo ambiental por opção (sem pressão), apesar de reconhecerem os benefícios da RL. Em segundo, as grandes razões na qual os produtores tomariam uma decisão positiva seria baseada em combinação de fatores econômicos (e.g., restrições ou impedimento da comercialização de produtos agropecuários) e políticos (e.g., condicionantes para acesso à crédito rural, acordos com o comércio). Os cenários analisados indicam fortes indícios de que as intervenções de cunho econômico poderão impactar diretamente no comportamento dos produtores rurais e na conseqüente conformidade. Logo, podemos entender que a regularização condicionada às exigências de mercado tem elevado potencial, visto que restrições mercadológicas implicam em considerável intervenção na comercialização de produtos agropecuários. Verifica-se que a tomada de decisão dos produtores rurais em regularizar seus déficits de RL é influenciada por ações socioeconômica-ambiental e políticas sobre o ambiente de convívio desses agentes.

Como remate é importante frisar que as ações condutoras é imprescindível para a regularização da RL, pois, além de influenciar serão determinantes no processo de adesão da regularização. Do contrário, os produtores continuarão no constante descumprimento dos padrões ambientais. Para tanto, enfatizamos a importância da existência de políticas públicas favoráveis à adoção de conservação, sobretudo, às áreas de RL. Bem como, o impacto positivo da governança sobre a demanda por restauração/compensação do déficit de RL, uma vez que, os produtores são os agentes que lidam diretamente com a conservação da RL. Logo, o produtor faz a diferença, mas, ele sozinho não faz a mudança. É preciso que haja incentivos. E quais são os incentivos atuais? Logo, o trabalho mútuo é indispensável, por parte dos

agentes e organismos para lidar com os percalços da não conformidade por questões de percepções, entre outras.

A relação entre os aspectos sociais e a conservação ambiental utilizando métodos mistos ainda é pouca estudada no Brasil apesar da importância e transdisciplinaridade desse tema — que envolve desde os campos da ecologia, gestão ambiental, ciência política, sociologia, psicologia, economia, modelagem e simulação — para entender as dinâmicas no sistema de regularização ambiental. Dessa forma, destacamos que futuras pesquisas envolvendo a capacidade econômica do produtor rural na adequação do passivo de RL levando em consideração abordagem quali-quantitativa são necessárias para melhorar estimativas de demanda por regularização.

Importante faz-se destacar que esses resultados são baseados no conjunto de dados disponíveis no momento da pesquisa e, portanto, utilizado para as análises, certamente teríamos outros resultados se utilizarmos outros dados. Neste sentido, já estamos trabalhando nas análises com as informações cadastrais do CAR para aprimorar as estimativas e conhecer um pouco mais o comportamento dos produtores, suas atitudes e preferências pelos instrumentos de regularização ambiental em diferentes condições de cenários. Entende-se que esses resultados possam contribuir com a literatura já existente, o aprimoramento de programas de gestão ambiental e a implementação de políticas públicas ambientais, especialmente o Código Florestal.

## REFERÊNCIAS

- AALDERS, I. H.; AITKENHEAD, M. J. Agricultural census data and land use modelling. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 30, n. 6, p. 799–814, nov. 2006.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 50, p. 179–211, 1991.
- ALSTON, L. J.; MUELLER, B. Legal Reserve Requirements in Brazilian Forests: Path Dependent Evolution of De Facto Legislation. **Revista Economia**, v. 8, n. 4, p. 25–53, 2007.
- AZEVEDO, A. A. et al. Cadastro Ambiental Rural e sua influência na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. **Boletim Amazônia em Pauta**, v. 3, p. 1–16, 2014.
- AZEVEDO, A. A.; STABILE, M. C. C.; REIS, T. N. P. Commodity production in Brazil: Combining zero deforestation and zero illegality. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 3, n. 1, p. 12, 2015.
- BACHA, C. J. C. O uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras: uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento. **Estudos Econômicos**, v. 34, n. 2, p. 393–426, 2004.
- BACK, K. W. et al. **Interpretive Biography**. Newbury Park, California: Sage Publications Inc., 1991. v. 20
- BANTAYAN, N. C.; BISHOP, I. D. Linking objective and subjective modelling for landuse decision-making. **Landscape and Urban Planning**, v. 43, n. 1–3, p. 35–48, dez. 1998.
- BARRETO, P.; ARAÚJO, E. **O Brasil Atingirá sua Meta de Redução do Desmatamento ?** [s.l.: s.n.]. v. 1
- BERNARDO, K. T. **Análise do êxito dos sistemas estaduais de gestão de reservas legais com foco no mecanismo de compensação**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2010.
- BERNASCONI, P. et al. Constraining forest certificate's market to improve cost-effectiveness of biodiversity conservation in São Paulo State, Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 10, p. 1–18, 2016.
- BERNASCONI, P.; ROMEIRO, A. R. A compensação como instrumento para alocação de Reserva Legal : estudo de caso no município de Marcelândia-MT. IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. **Anais...**2011
- BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa..., 2012a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 5 maio. 2014
- BRASIL. **Decreto Nº 7.830, De 17 De Outubro De 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de

caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental... Brasil, 2012b. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/leis/LEI12651.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2014

BREIMAN, L. et al. **Classification and Regression Trees**. Wadsworth, Belmont, California: Brooks/Cole Publishing, Monterey, 1984.

CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. O custo privado da reserva legal. **Revista de Política Agrícola**, v. XXII, n. 2, p. 85–104, 2013.

CAPCAR. **Curso de capacitação para o Cadastro Ambiental Rural: linha do tempo CAR/ Athila Leandro de Oliveira...** [et al.]. – Lavras: UFLA, 2014. 22 p. : il. - (Textos temáticos).

CELIO, E. et al. Farmers' perception of their decision-making in relation to policy schemes: A comparison of case studies from Switzerland and the United States. **Land Use Policy**, v. 41, p. 163–171, 2014.

CUNHA, F. A. F. DE S. et al. The implementation costs of forest conservation policies in Brazil. **Ecological Economics**, v. 130, p. 209–220, 2016.

DARNHOFER, I.; SCHNEEBERGER, W.; FREYER, B. Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. **Agriculture and Human Values**, v. 22, n. 1, p. 39–52, 2005.

DEFRANCESCO, E. et al. Factors Affecting Farmers' Participation in Agri-environmental Measures: A northern Italian perspective. **Journal of Agricultural Economics**, v. 59, n. 1, p. 114–131, 2008.

DELALIBERA, H. C. et al. Alocação de reserva legal em propriedades rurais: do cartesiano ao holístico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 286–292, 2008.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & sociedade**, v. 15, n. 2, p. 1–22, 2012.

DUANGJAI, W.; SCHMIDT-VOGT, D.; SHRESTHA, R. P. Farmers' land use decision-making in the context of changing land and conservation policies: A case study of Doi Mae Salong in Chiang Rai Province, Northern Thailand. **Land Use Policy**, v. 48, p. 179–189, 2015.

FARMAR-BOWERS, Q.; LANE, R. Understanding farmers' strategic decision-making processes and the implications for biodiversity conservation policy. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 2, p. 1135–1144, 2009.

FASIABEN, M. D. C. R. et al. Impacto econômico da reserva legal sobre diferentes tipos de unidades de produção agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 4, p. 1051–1096, 2011.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estud. av.**, v. 19, n. 53, p. 157–166, 2005.

GAMA, J.R.V. et al. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixo no Estuário Amazônico. **Revista Árvore**, 26, n.5, p.559-566, 2002.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's Soy Moratorium. **Science - Policy Forum: Environment and Development**, v. 347, n. 6220, p. 377–378, 2014.

GIBBS, H. K. et al. Did Ranchers and Slaughterhouses Respond to Zero-Deforestation Agreements in the Brazilian Amazon? **Conservation Letters**, v. 9, n. 1, p. 32–42, 2015.

GREINER, R.; GREGG, D. Farmers' intrinsic motivations, barriers to the adoption of conservation practices and effectiveness of policy instruments: Empirical evidence from northern Australia. **Land Use Policy**, v. 28, n. 1, p. 257–265, 2011.

GUILLEM, E. E.; BARNES, A. Farmer perceptions of bird conservation and farming management at a catchment level. **Land Use Policy**, v. 31, p. 565–575, 2013.

HALE, R. L. **Cluster analysis in school psychology: An example**. [s.l.] Pearson Addison-Wesley, 1981. v. 19.

IBGE. **Malha Municipal 2013: Pará e Mato Grosso**. Shapefile escala 1:250.000. 2013. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas\\_digitais/municipio\\_2013/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/municipio_2013/)>. Acesso em: 20 set. 2014.

IBGE. **Tabela 1020** - Produtores na direção dos trabalhos dos estabelecimentos agropecuários [...]. 2006a. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1020&z=t&o=3>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

IBGE. **Tabela 1021** - Produtores na direção dos trabalhos dos estabelecimentos agropecuários [...]. 2006b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1021&z=t&o=3>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

IBRE/FGV. Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas. **Preços de terras e arredamentos agrícola e pecuária**. 2012.

IPAM. **Base de dados CAR registrados em 2012: Pará e Mato Grosso**. 2012.

IGARI, A. T.; TAMBOSI, L. R.; PIVELLO, V. R. Agribusiness opportunity costs and environmental legal protection: Investigating trade-off on hotspot preservation in the state of São Paulo, Brazil. **Environmental Management**, v. 44, n. 2, p. 346–355, 2009.

IRIGARAY, C. T. J. H. Compensação de reserva legal: limites à sua implementação. **Revista Amazônica Legal de estudos sócio-jurídico-ambientais**, v. 1, n. 1, p. 55–68, 2007.

KOTSIANTIS, S. B. Decision trees: A recent overview. **Artificial Intelligence Review**, v. 39, n. 4, p. 261–283, 2013.

LAMBERT, D. M. et al. Profiles of US farm households adopting conservation-compatible practices. **Land Use Policy**, v. 24, n. 1, p. 72–88, 2007.

LIENHOOP, N.; BROUWER, R. Agri-environmental policy valuation: Farmers' contract design preferences for afforestation schemes. **Land Use Policy**, v. 42, p. 568–577, 2015.

LIGTENBERG, A.; BREGT, A. K.; VAN LAMMEREN, R. Multi-actor-based land use modelling: Spatial planning using agents. **Landscape and Urban Planning**, v. 56, n. 1–2, p. 21–33, set. 2001.

MARQUES, E. M.; RANIERI, V. E. L. Determinantes da decisão de manter áreas protegidas em terras privadas: o caso das reservas legais do Estado de São Paulo. **Ambiente & sociedade**, v. 15, n. 1, p. 131–145, 2012.

MAY, P. H. et al. **Environmental reserve quotas in Brazil's new forest legislation: an ex ante appraisal**. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2015.

METZGER, J. P. Bases biológicas para a “reserva legal”. **Ciência Hoje**, v. 31, n. 138, p. 48–49, 2002.

MICHALSKI, F.; NORRIS, D.; PERES, C. A. No return from biodiversity loss. **Science**, v. 329, n. 5997, p. 1282, 2010.

MICOL, L.; ABAD, R.; BERNASCONI, P. Potencial de aplicação da Cota de Reserva Ambiental em Mato Grosso. **Instituto Centro Vida**, p. 1–6, 2013.

MURRAY-PRIOR, R. Modelling farmer behaviour: A personal construct theory interpretation of hierarchical decision models. **Agricultural Systems**, v. 57, n. 4, p. 541–556, 1998a.

MURRAY-PRIOR, R. Modelling farmer behaviour: A personal construct theory interpretation of hierarchical decision models. **Agricultural Systems**, v. 57, n. 4, p. 541–556, ago. 1998b.

NUNES, S. et al. Compensating for past deforestation: Assessing the legal forest surplus and deficit of the state of Pará, eastern Amazonia. **Land Use Policy**, v. 57, p. 749–758, 2016.

NUSDEO, A. M. O. A compensação de reserva legal através de contrato de arrendamento e os incentivos à proteção florestal. **Revista de Direito Ambiental**, v. 12, n. 48, p. 30-45, 2007.

PACHECO, R. et al. Regularização do passivo de reserva legal: percepção dos produtores rurais no Pará e Mato Grosso. **Ambiente & Sociedade**, v. XX, n. 2, p. 185–206, 2017.

POGGIANI, F. Estrutura, Funcionamento e Classificação das Florestas: Implicações Ecológicas das Florestas Plantadas. **Documentos Florestais**, n. 3, p. 1–14, 1989.

POPPEBORG, P.; KOELLNER, T. Do attitudes toward ecosystem services determine agricultural land use practices? An analysis of farmers' decision-making in a South Korean watershed. **Land Use Policy**, v. 31, p. 422–429, 2013.

QUINLAN, J. R. Induction of Decision Trees. **Machine Learning**, v. 1, n. 1, p. 81–106, 1986.

QUINLAN, J. R. **C4.5: Program for Machine Learning**. San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993.

RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B. **Cotas de reserva ambiental (CRA): potencial e viabilidade econômica do mercado no Brasil**. 1. ed. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2015.

REIMER, A. P.; THOMPSON, A. W.; PROKOPY, L. S. The multi-dimensional nature of environmental attitudes among farmers in Indiana: Implications for conservation adoption. **Agriculture and Human Values**, v. 29, n. 1, p. 29–40, 2012.

ROTH, H.; BOTHA, N. Using Ethnographic Decision Tree Modelling to Explore Farmers' Decision-making Processes : A Case Study. **2009 NZARES Conference**, p. 18, 2009.

SANTOS, A. A. DOS. **Paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra e de Sua Zona de Amortecimento - Mg: Análise de Padrões Espaciais a Partir de Árvore de Decisão e Métricas de Paisagem**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SCHMIDT, C. A.; MCDERMOTT, C. L. Deforestation in the Brazilian Amazon: Local Explanations for Forestry Law Compliance. **Social & Legal Studies**, v. 24, n. 1, p. 3–24, 2015.

SELBACH, J. R. Atores sociais em conflito: o novo código florestal brasileiro. p. 87, 2013.

SENADO FEDERAL. Nova lei busca produção com preservação. **Em discussão!**, v. 9, 2011.

SILVA, J. A. A. DA et al. **O código florestal e a ciência: Contribuições para o diálogo**. 2ª ed. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Academia Brasileira de Ciências, 2012.

SILVA, J. S. DA; RANIERI, V. E. L. O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 115–132, 2014.

SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. April, p. 363–364, 2014a.

SOARES-FILHO, B. et al. Brazil's market for trading forest certificates. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–17, 2016.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Modelagem das Oportunidades Econômicas e Ambientais do Restauo Florestal sob o Novo Código Florestal. **Relatório de Projeto**. Impacto de políticas públicas voltadas à implementação do novo Código Florestal. Centro de Sensoriamento Remoto – UFMG, Belo Horizonte - MG, 2014b.

SOUZA, M. S.; MATOSO, M. L. Q.; EBECKEN, N.F.F. Data Mining: a data base perspective. In: **Anais...** International Conference on Data Mining, 1998, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1998, p. 413-432.

SPAROVEK, G. et al. Brazilian agriculture and environmental legislation: Status and future challenges. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 16, p. 6046–6053, 2010.

SPAROVEK, G. et al. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos - CEBRAP**, v. 89, n. 89, p. 111–135, 2011.

SPAROVEK, G. et al. The revision of the Brazilian forest act: Increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? **Environmental Science and Policy**, v. 16, p. 65–72, 2012.

SPAROVEK, G. Caminhos e escolhas na revisão do Código Florestal: quando a compensação compensa? **Visão agrícola**, v. 10, p. 25–28, 2012.

STICKLER, C. M. et al. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120160, 2013.

STUURMAN, N.; VALE, R. D. **Impact of new camera technologies on discoveries in cell biology**. 3. ed. London: Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier Inc., 2016. v. 231

TREVISAN, A. C. D. et al. Farmer perceptions, policy and reforestation in Santa Catarina, Brazil. **Ecological Economics**, v. 130, p. 53–63, 2016.

VAN DIJK, W. F. A. et al. Factors underlying farmers' intentions to perform unsubsidised agri-environmental measures. **Land Use Policy**, v. 59, p. 207–216, 2016.

VANSLEMBROUCK, I.; VAN HUYLENBROECK, G.; VERBEKE, W. Determinants of the Willingness of Belgian Farmers to Participate in Agri-environmental Measures. **Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 3, p. 489–511, 2002.

VELDKAMP, A.; VERBURG, P. H. Modelling land use change and environmental impact. **Journal of Environmental Management**, v. 72, n. 1–2, p. 1–3, ago. 2004.

VILLANUEVA, A. J. et al. The design of agri-environmental schemes: Farmers' preferences in southern Spain. **Land Use Policy**, v. 46, p. 142–154, 2015.

WYNN, G.; CRABTREE, B.; POTTS, J. Modelling Farmer Entry into the Environmentally Sensitive Area Schemes in Scotland. **Journal of Agricultural Economics**, v. 52, n. 1, p. 65–82, 2008.

ZHANG, Q. et al. Farmers' attitudes towards the introduction of agri-environmental measures in agricultural infrastructure projects in China: Evidence from Beijing and Changsha. **Land Use Policy**, v. 49, p. 92–103, 2015.