

**IMPACTO DA REVISÃO DO CÓDIGO  
FLORESTAL: COMO VIABILIZAR O  
GRANDE DESAFIO ADIANTE?**

## IMPACTO DA REVISÃO DO CÓDIGO FLORESTAL: COMO VIABILIZAR O GRANDE DESAFIO ADIANTE?

**Britaldo Silveira Soares-Filho<sup>1</sup>**

Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais.

2

O conflito entre a necessidade de aumento da produção agropecuária e a conservação de nossas extensas florestas gerou uma pressão política para revisão do Código Florestal Brasileiro, que rege a conservação ambiental em propriedades privadas. A proposta de um novo código, mais flexível ou menos exigente, vem sendo debatida por mais de uma década no congresso brasileiro e no seio da sociedade. Em outubro de 2012, após idas e vindas entre o Congresso e a Presidência da República, foi finalmente sancionada a lei nº 12.727. Embora o Congresso ainda possa modificá-la e sua constitucionalidade esteja sendo questionadas, as chances de alteração são pequenas, implicando que o processo de revisão possa já ser uma página virada e que o novo código esteja aí para ser colocado em prática.

Nesse contexto, este trabalho tem por finalidade quantificar as alterações em áreas a serem conservadas ou restauradas em todo o território brasileiro, decorrentes das modificações entre o atual Código Florestal e sua versão antiga (Lei nº 4.771, 15/09/1965, alterada por MP nº 1.1511, 25/06/1996) e, como resultado, estimar o esforço de cumprimento do novo código. Nesta análise, apresentamos tanto estimativas obtidas com os novos métodos por nós desenvolvidos como o nível de incerteza advindo das técnicas e bases utilizadas. Mais do que fornecer um número absoluto, o qual sempre será aprimorado, a ideia é prover os tomadores de decisão com a dimensão geográfica do impacto da revisão do código na conservação de florestas no Brasil e da magnitude dos

---

<sup>1</sup> Correspondência: [britaldo@csr.ufmg.br](mailto:britaldo@csr.ufmg.br)

esforços a serem empreendidos para a consolidação da nova lei. Pretende-se, assim, apontar soluções para que o novo Código Florestal possa ser colocado em prática a fim de conciliar a conservação de nossas florestas com a crescente demanda de produção agrícola, de forma a transformar esses objetivos em estratégias complementares.

### *Quantificando o impacto da alteração da lei do Código Florestal*

Sessenta e dois por cento do território nacional, ou seja, cerca de 530 milhões de hectares (Mha) são cobertos por vegetação nativa. Desse total, 40% se encontra em áreas de conservação de domínio público ou em terras indígenas –sendo que 91% dessa fração se concentra apenas no bioma Amazônia–e os 60% restantes em propriedades privadas ou terras públicas ainda sem designação. Números, portanto, que apontam para a necessidade de esforços de conservação em larga escala dessa vasta cobertura de vegetação nativa que se encontra dispersa em fragmentos de vários tamanhos através de uma miríade de propriedades privadas.

Como não houve alteração do ativo florestal após revisão, ou seja, parte da cobertura florestal que excede o determinado pela lei (Tabela 1), estima-se que o ativo florestal possa alcançar um máximo de  $99\pm 6$  Mha. A figura 1 apresenta a distribuição do ativo florestal por bioma e estado e a Figura 2 ilustra a geografia do balanço do Código Florestal após revisão. A maior parte do ativo florestal se distribui ao longo do interior do Nordeste (mormente nos estados da Bahia, Piauí e Maranhão) a partir do norte de Minas Gerais e na divisa do Centro-Oeste com Nordeste (leste do Tocantins e Goiás), cobrindo, sobretudo, extensões remanescentes de caatinga, onde alcança  $26\pm 1,5$  Mha, e Cerrado; esse último bioma possui a maior extensão absoluta de propriedades com ativo florestal, ou seja, cerca de  $40\pm 2$  Mha. Outras concentrações de ativo florestal ocorrem também ao longo da Serra do Mar, nos Pampas e no Pantanal –muito embora esses dois biomas sejam constituídos em grande parte por pastagens nativas manejadas. Já o ativo florestal encontrado na Amazônia, de cerca de  $20\pm 1$  Mha, deve ser visto com reserva, porquanto boa parte dele se encontra em áreas ainda sem designação, sobretudo no estado do Amazonas e, por

consequente, passivas de se tornarem áreas públicas<sup>2</sup>. Assim se subtrairmos o ativo florestal do estado do Amazonas de 10,5±0,5 Mha, do Pantanal (3 Mha) e do Pampas (7 Mha), chega-se a uma figura mais conservadora para o ativo florestal nacional de 78±5 Mha. Por fim, o ativo florestal na Mata Atlântica de 4±0,3 Mha corresponde a apenas 3% de sua extensão original, dado que demonstra a necessidade de restauração desse bioma<sup>3</sup>.

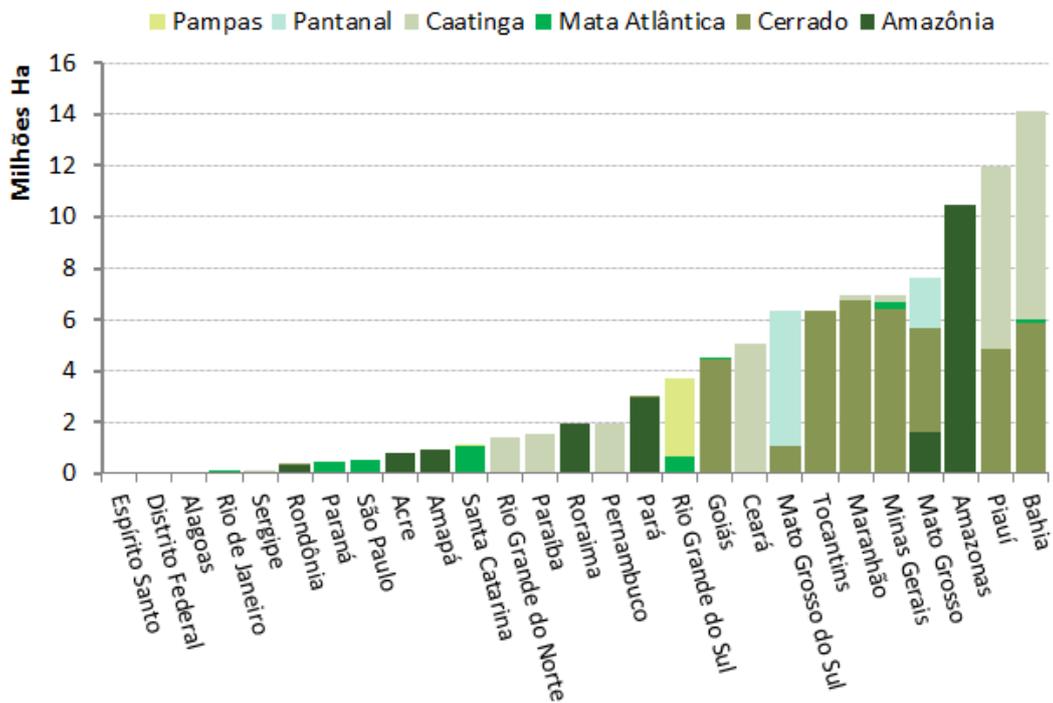
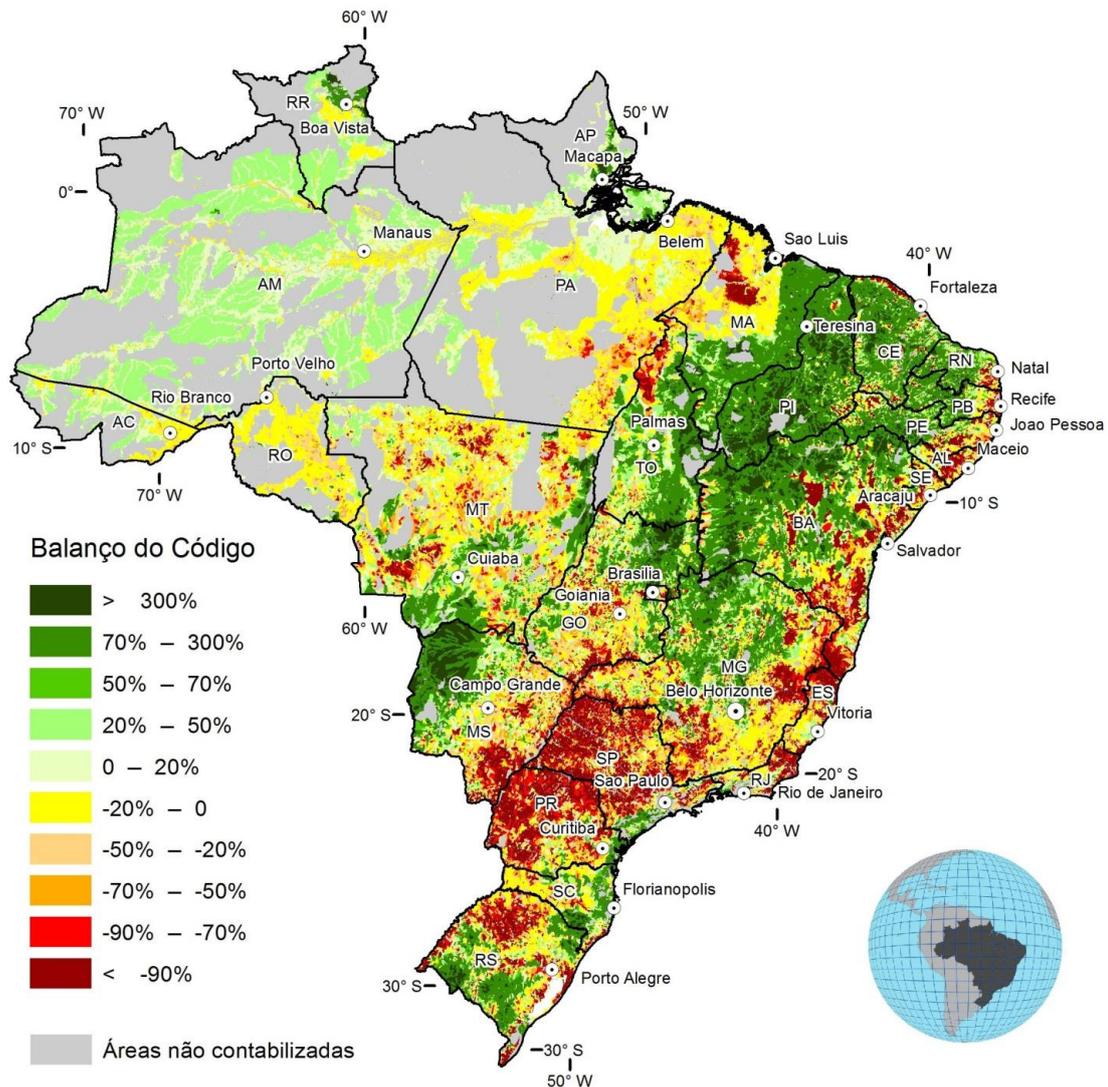


Fig. 1. Ativo florestal por bioma e Estado.

<sup>2</sup> Essas áreas têm sido avaliadas para se tornarem concessões florestais sob o Serviço Florestal Brasileiro. Serviço Florestal Brasileiro, IPAM. Florestas nativas de Produção Brasileiras. 2011.

<sup>3</sup> Existe a intenção de ONGs de reflorestar 15 Mha da Mata Atlântica até 2050 (Rodrigues, RR. et al. 2011. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil). Forest Ecology and Management, 261, p. 1605-1613.



**Fig. 2.** Balanço do Código Florestal por microbasins de ordem até 12 da Agência Nacional de Águas (ANA), de acordo com o novo Código Florestal. Valores em percentuais à área de cobertura florestal determinada para o cumprimento do Código Florestal. Valores positivos indicam ativo e negativo passivos. AC - Acre, AM - Amazonas, AP - Amapá, BA - Bahia, CE - Ceará, GO - Goiás, MA - Maranhão, MG - Minas Gerais, MS - Mato Grosso do Sul, MT - Mato Grosso, PA - Pará, PI - Piauí, PR - Paraná, RO - Rondônia, RR - Roraima, RS - Rio Grande do Sul, SP - São Paulo, SC - Santa Catarina, TO - Tocantins. RN - Rio Grande do Norte, PB - Paraíba, PE - Pernambuco, AL - Alagoas, SE - Sergipe, ES - Espírito Santo, RJ - Rio de Janeiro.

A vasta cobertura vegetal remanescente no Brasil provê uma série de serviços ambientais, como manutenção da biodiversidade, polinização e controle de pragas, manutenção do solo e, em resultado, redução da erosão, ciclagem de nutrientes, manutenção do regime de chuvas e do fluxo hidrológico, e sequestro e armazenamento de carbono, dentre outros. Em relação ao carbono florestal, estima-se que os remanescentes brasileiros armazenem o total de 67±13 bilhões de toneladas de carbono. Desse total, 32±6 bilhões de toneladas

estão armazenadas nas áreas protegidas brasileiras<sup>4</sup> e  $6,4 \pm 1,2$  bilhões de toneladas estão contidas no ativo florestal. Esses números têm implicações para a mitigação das mudanças climáticas, posto que quantificam parte do esforço que o Brasil vem adotando para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, quer seja como componente do Plano Nacional de Mudanças Climáticas ou advindo de iniciativas paralelas. Outro ponto que se deve destacar é o papel dessas florestas em sequestrar CO<sub>2</sub> da atmosfera. Nesse sentido, pesquisas<sup>5</sup> apontam que as florestas densas tropicais, como as da Amazônia e da Mata Atlântica sequestram em média, em anos sem ocorrência de grandes secas, cerca de 1 a 1,5 toneladas de carbono por hectare. Considerando-se as florestas densas remanescentes somente nesses dois biomas, chega-se então a um total de 0,4 a 0,5 bilhão de toneladas de carbono que são sequestradas por ano<sup>6</sup>.

Em relação ao passivo ambiental, ou seja, a área a ser recomposta, houve uma redução de 58% com a revisão do código, indo o passivo ambiental de  $50 \pm 6$  para  $21 \pm 0,6$  Mha (Figuras 3 e 4). Os estados que mais tiveram redução no passivo ambiental foram Mato Grosso, Pará, Minas Gerais e Bahia (Figura 4). O artigo que mais contribuiu para a redução do passivo ambiental foi o nº 67, o qual estabelece que para propriedades de até quatro módulos fiscais a reserva legal será constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008 (Tabela 1). Das  $\approx 5$  milhões de propriedades rurais, 92% têm áreas de até 4 módulos fiscais, muito embora essa relação em proporção de área se reduza para 30%. Mesmo assim, estima-se que somente a aplicação desse artigo reduziu o passivo ambiental em  $\approx 17$  Mha. Em segundo, a mudança da regra de recuperação de APP, conhecida como “escadinha”, trouxe uma redução de  $\approx 8$  Mha de área de APP a ser recomposta. Nesse caso, há de considerar o alto nível de incerteza da estimativa de passivo de APP segundo o antigo código ( $\pm 66\%$ ). Os estados que mais tiveram redução de APPs a serem recompostas foram Bahia e Minas Gerais (Figura 5). Somam-se a isso  $\approx 4$  Mha

---

<sup>4</sup> Incluem-se como áreas protegidas, áreas de proteção integral, uso sustentável e terras indígenas.

<sup>5</sup> Phillips OL, et al. (2009) Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science* 323:1344-1347. Meztzker, TI. Dinâmica e Estoques de Carbono na Floresta Tropical Atlântica – Brasil. Tese de Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

<sup>6</sup> Por outro lado, há de se considerar o que o aquecimento global pode levar essas florestas de sumidouro à fonte líquida de CO<sub>2</sub>. (e.g. Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A. and Totterdell, I.J. 2000: Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, 408, 184-187).

reduzidos devido ao cômputo das APPs para fins de recomposição da reserva legal, caso o imóvel passe a fazer parte do Cadastro Ambiental Rural (CAR), e  $\approx 1$  Mha devido às regras que contabilizam áreas protegidas nos municípios e estados para fins de redução do percentual da reserva legal na Amazônia (Tabela 1). A maior parte da perda do passivo ambiental se encontra distribuída nos estados de Mato Grosso, Pará, Minas Gerais e Bahia (Figuras 3 e 4).

O passivo ambiental, após revisão, se concentra nas bordas da Amazônia, por quase toda a extensão da Mata Atlântica e no sul do Cerrado, onde a ocupação agrícola é maior (Figuras 2 e 6). Biomas com maior passivo ambiental são Amazônia (8 Mha), Mata Atlântica (6 Mha) e Cerrado (5 Mha). Em extensão absoluta, estados com maiores áreas a serem recuperadas são Mato Grosso, São Paulo, Pará e Minas Gerais (Figura 6). Por fim, o passivo de APP, segundo o novo código, atinge um montante de  $4,8 \pm 1,8$  Mha, distribuídos principalmente (Figura 7), segundo ordem de grandeza, nos biomas Cerrado ( $\approx 1,7$  Mha), Mata Atlântica ( $\approx 1,5$  Mha) e Amazônia ( $\approx 1$  Mha), e pelos estados de Minas Gerais ( $\approx 0,6$  Mha), Mato Grosso ( $\approx 0,5$  Mha) e Goiás ( $\approx 0,4$  Mha). Ver síntese para números de passivo, ativo e déficit de APP por biomas em Figura 8. Considerando apenas o potencial da vegetação original, a recomposição do passivo ambiental de  $21 \pm 0,6$  tem o potencial de sequestrar em longo prazo  $2,5 \pm 0,5$  bilhões de toneladas de carbono ou  $1 \pm 0,2$  bilhões de toneladas de carbono<sup>7</sup> ao longo de 20 anos, período de restauração ambiental estipulado pelo Programa de Regularização Ambiental (PRA).

---

<sup>7</sup>Usando-se a estimativa de 40% de acumulação em relação à biomassa da vegetação original.



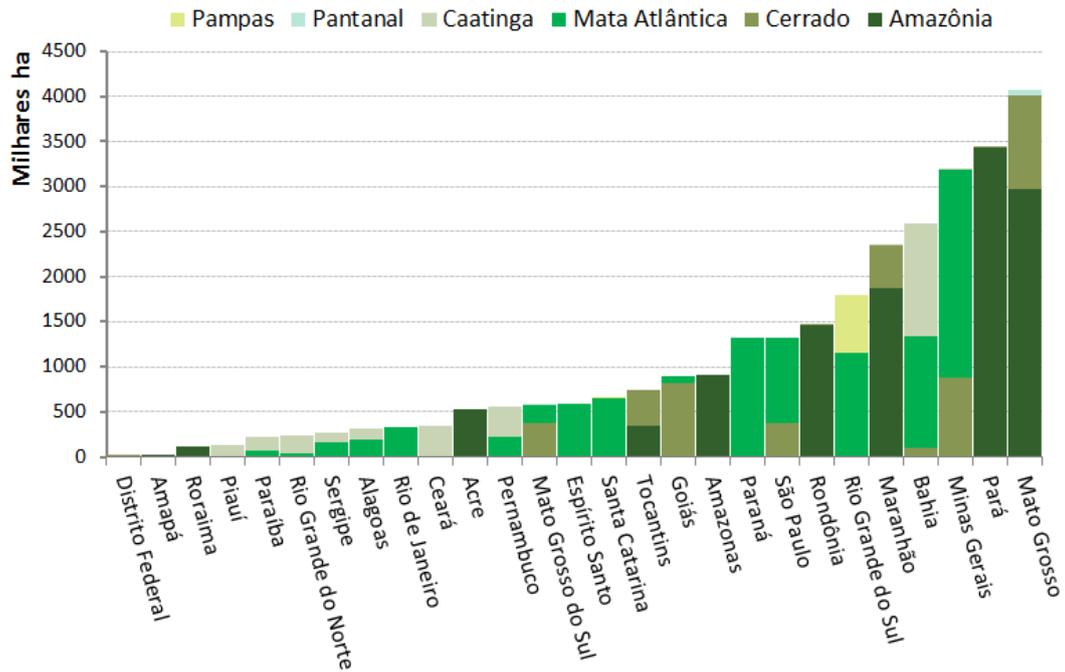


Fig. 4. Redução do passivo florestal devido à revisão do Código Florestal.

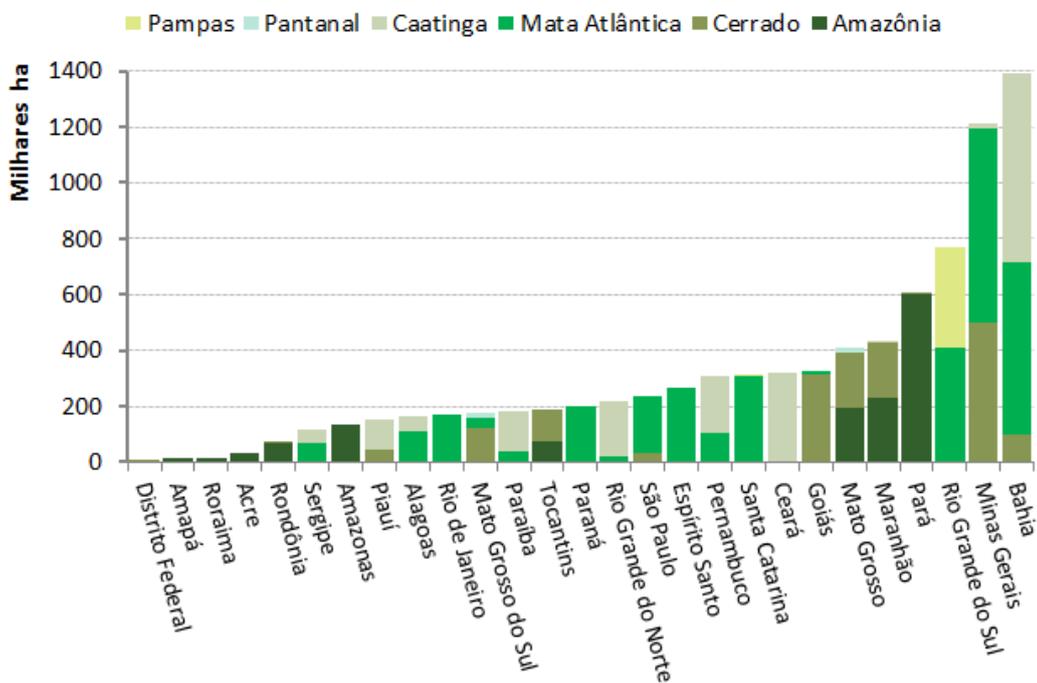


Fig. 5. Redução estimada de APP devido à revisão do Código Florestal.

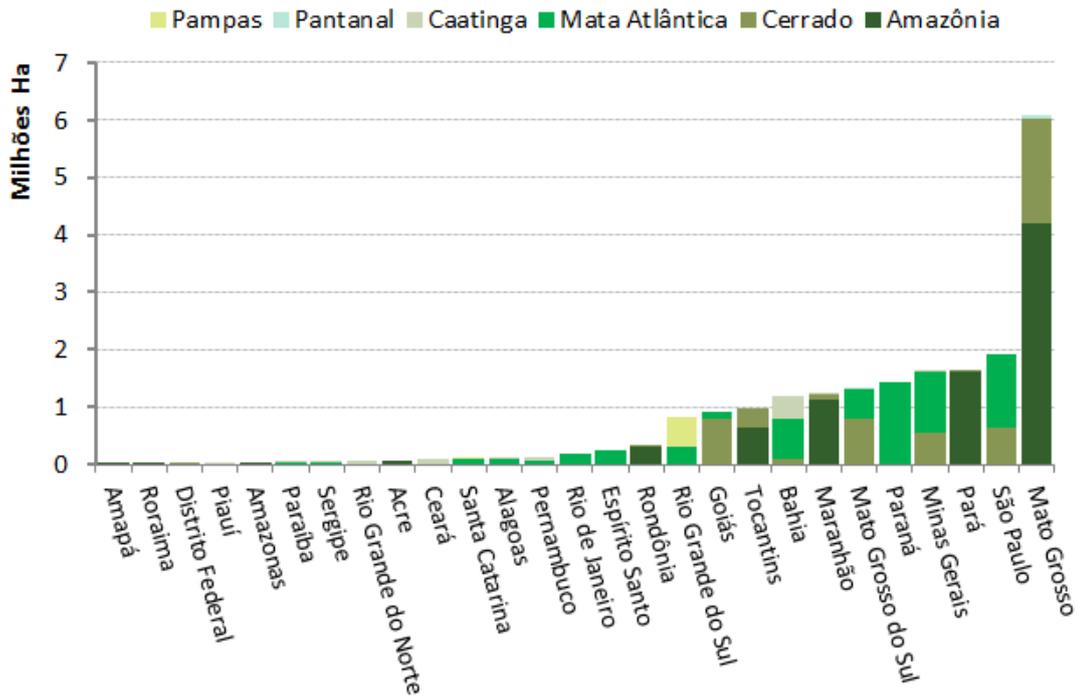


Fig. 6. Passivo ambiental por estado e bioma após revisão do Código Florestal.

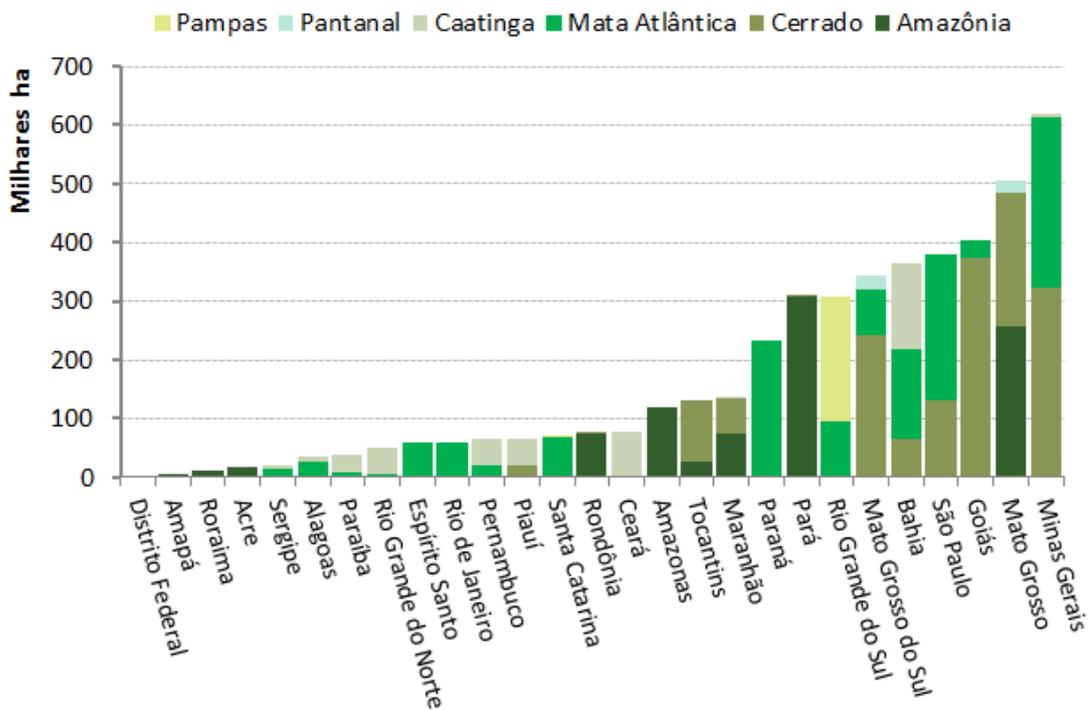
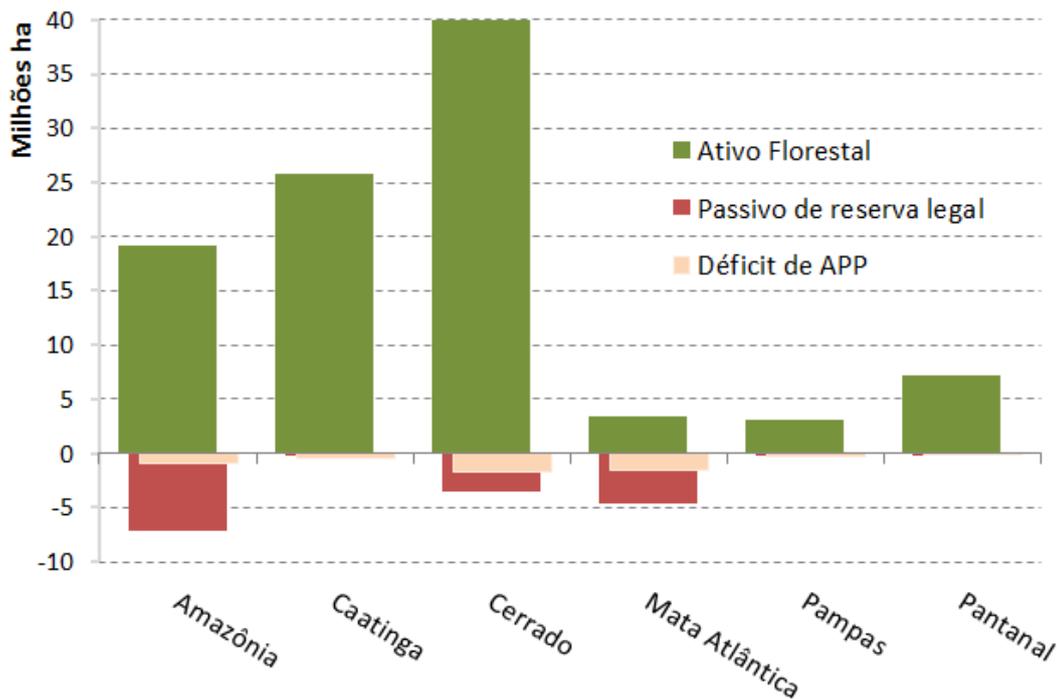


Fig. 7. Passivo de APP estimado por estado e bioma após a revisão do Código Florestal.



*Fig. 8. Síntese dos números de passivo, ativo e déficit de APP por biomas.*

### **Como viabilizar a consolidação do novo código**

A revisão do Código Florestal trouxe uma grande perda em áreas a serem recompostas. Por outro lado, ele aprimora mecanismos que facilitam sua viabilização. Um desses mecanismos é a Cota de Reserva Ambiental (CRA). CRA é um título nominativo representativo de área com vegetação nativa existente ou em processo de recuperação excedente à Reserva Legal. O CRA de uma propriedade pode ser utilizado para a compensação do déficit de reserva legal de outra, desde que tenha equivalência em área e esteja situado no mesmo bioma e, de preferência, no mesmo estado<sup>8</sup>. Vislumbra-se que, com a operacionalização da CRA através do Sistema de Cadastro Ambiental Rural<sup>9</sup>, um mercado de crédito monetário para terras florestadas possa se consolidar, agregando com isso valor às florestas nativas. Para tanto, iniciativas já estão em curso, como a criação da Bolsa Verde do Rio de Janeiro (BVRio.org), com finalidade de negociar esses créditos. Nossa análise confirma a viabilidade desse mercado apontando as áreas fontes de ativo

<sup>8</sup> Se estiver fora do estado, a compensação deve ocorrer em áreas identificadas como prioritárias pela União ou pelos estados.

<sup>9</sup> SICAR: sistema eletrônico de âmbito nacional destinado ao gerenciamento de informações ambientais dos imóveis rurais.

(excedente) florestal (Figura 2) e demonstrando que é possível reduzir em até 55% o passivo ambiental em reserva legal ( $16\pm 0,5$  Mha), compensando o déficit com CRAs oriundas do mesmo bioma e estado (Figura 9).

Os nossos resultados apontam também que o conflito entre as áreas a serem recompostas com o uso agrícola atual é pequeno. O Brasil possui cerca de 300 Mha ocupados pela agropecuária<sup>10</sup>. Desse total, 68 Mha<sup>11</sup> são usados pela agricultura e o restante por pastagens em diversos graus de ocupação (a lotação média das pastagens no Brasil é de 1,1 bois por ha) e de produtividade, ou degradação. Do passivo de APP de  $4,8\pm 1,8$ , estima-se que somente  $0,6\pm 0,35$  Mha possam estar ocupados por culturas, representando menos de 1% da agricultura nacional. Também do total de  $\approx 230$  Mha de pastagens<sup>12</sup>, 60% poderiam ser utilizadas para agricultura, se não forem consideradas as restrições climáticas (Figura 10), sendo os estados do Mato Grosso, Bahia e Mato Grosso do Sul os que mais possuem áreas de pastagens aptas à agricultura. É necessário, portanto, que a pecuária aumente a produtividade como um todo para que o mesmo nível de produção de carne se mantenha<sup>13</sup> ao mesmo tempo em que se disponibilizam terras para a transição agrícola. Ainda, se o restante do passivo ambiental de reserva legal, após compensação através de negociação das CRAs, fosse recomposto apenas em áreas inaptas à agricultura, restariam apenas 250 mil ha a recompor em áreas aptas, notadamente no bioma Amazônia, no Mato Grosso (Figura 11). Portanto, o argumento que o cumprimento do Código Florestal é um empecilho ao desenvolvimento da agricultura no Brasil não procede, tendo em vista que há espaço para ambos e que a agricultura só tem a se beneficiar da provisão dos vários serviços ambientais promovidos pela conservação e restauração florestal em larga escala.

---

<sup>10</sup> A esse total, podem-se somar cerca de 20 Mha de campos naturais manejados.

<sup>11</sup> Produção Agrícola Municipal – IBGE (2011).

<sup>12</sup> Esse número não diferencia as pastagens plantadas das naturais.

<sup>13</sup> O estudo de caso de Baixo Carbono para o Brasil, do Banco Mundial, aponta que é possível a agricultura no Brasil expandir em até 50% sua área; hoje, ocupada sem necessidade de desmatamento, ao mesmo tempo em que se resolve boa parte da recuperação do passivo ambiental.

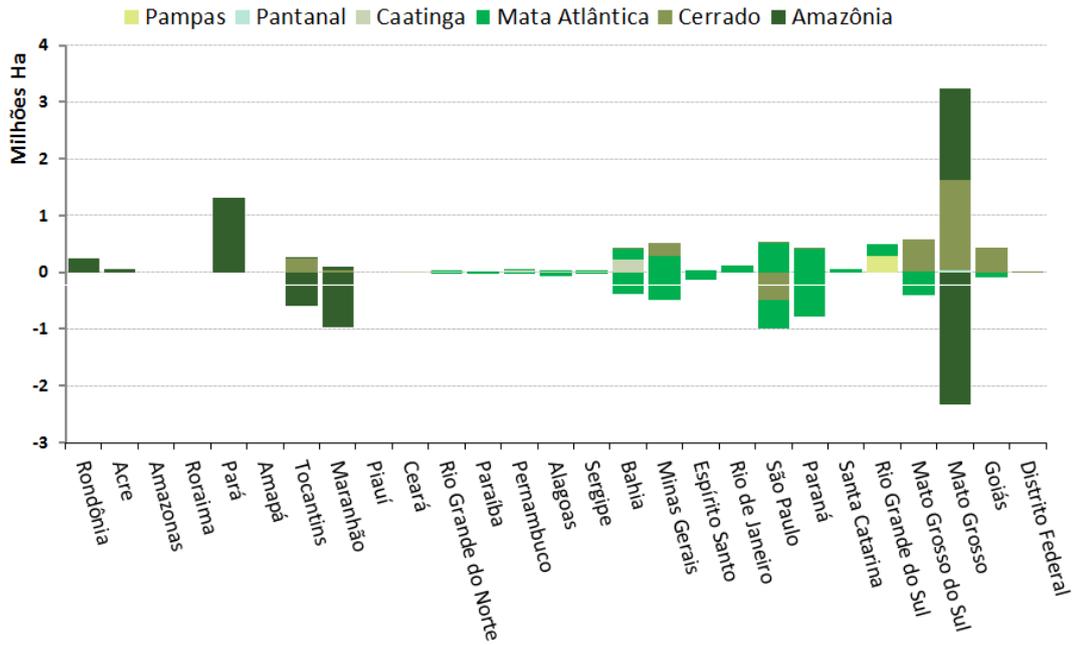


Fig. 9. Possibilidade de compensação florestal usando-se CRAs dentro do mesmo bioma e estado. Positivo significa redução e negativo déficit remanescente.

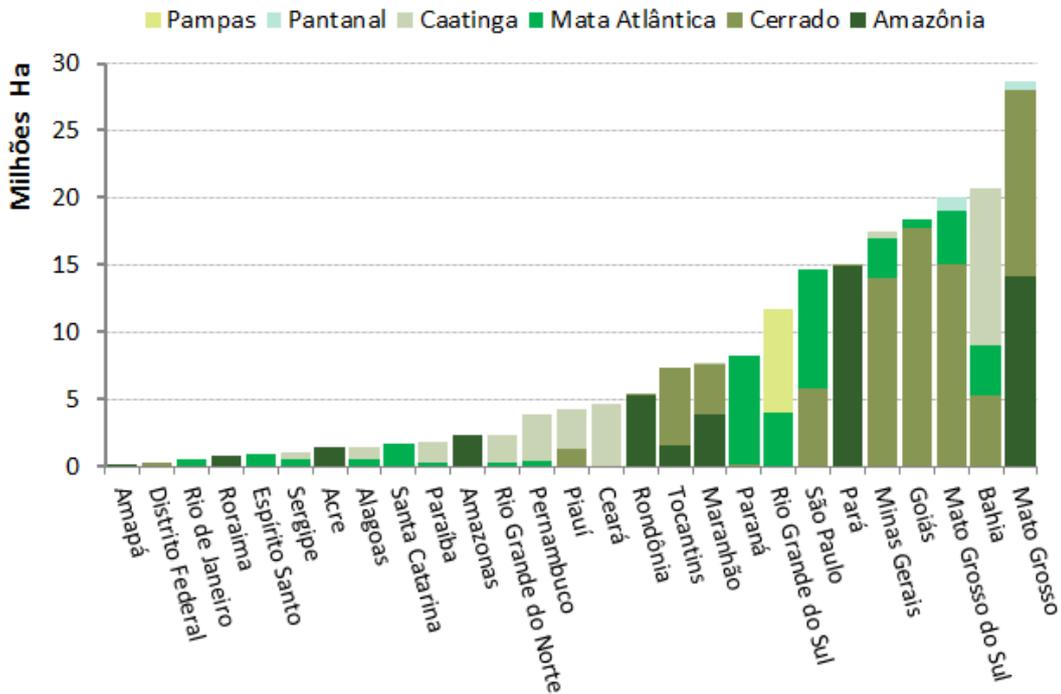
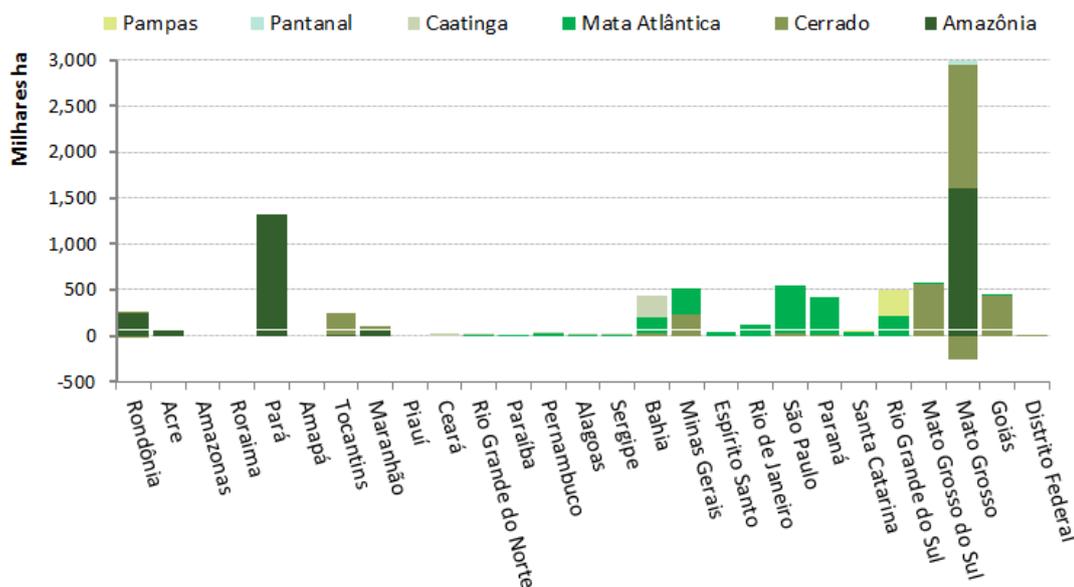


Fig. 10. Áreas de pastagens aptas em diversos graus à agricultura, sem considerar restrições climáticas.



**Fig. 11.** Recomposição do passivo ambiental de reserva legal restante após compensação através das CRAs em terras inaptas à agricultura. Positivo significa redução e negativo déficit remanescente.

Apesar de soluções existirem, os custos da recomposição florestal não são desprezíveis. Se os custos de oportunidade<sup>14</sup> de evitar emissões de CO<sub>2</sub> do desmatamento são baixos (estima-se uma média de USD 2 por tonelada de CO<sub>2</sub><sup>15</sup>), por sua vez, os custos de recuperação de APP e reserva legal podem ser proibitivos, sobretudo para os pequenos e médios produtores rurais<sup>16</sup>. Por outro lado, o processo de recomposição pode se tornar menos oneroso ou mesmo lucrativo, por meio de investimentos visando o enriquecimento com espécies de produtos não madeireiros, como açaí e castanha-do-brasil, e de madeiras comerciais –logo de alta densidade de carbono –, especialmente as nativas, sob programas de créditos subsidiados, como o Plano Nacional de Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Somam-se a isso subsídios indiretos através de investimentos em cadeias locais de

<sup>14</sup> Custo de oportunidade refere-se às oportunidades econômicas abdicadas em prol da conservação florestal.

<sup>15</sup> Valor presente líquido de 30 anos, com taxa de desconto de 5% ao ano. Máximo obtido numa determinada localização geográfica entre rendas potenciais de soja, milho, cana-de-açúcar e pecuária, dividido pelo estoque de carbono florestal.

<sup>16</sup> Ver estimativas de custos em “Tabela de custos para análise de projeto de recuperação de áreas degradadas: Instrução normativa do IBAMA para PRAD”, [ibama.gov.br/phocadownload/.../\\*planilha\\_de\\_custo\\*\\_prad\\*.pdf](http://ibama.gov.br/phocadownload/.../*planilha_de_custo*_prad*.pdf)

produtos florestais<sup>17</sup>, ecoturismo, disseminação de viveiros municipais para provisão de mudas a baixo custo e redução da burocratização, com a descentralização da responsabilidade administrativa do CAR para os municípios e, conseqüentemente, barateamento do processo (o registro atual é oneroso por requerer contratação de serviço especializado). Para esse fim, o SICAR desponta como um mecanismo promissor.

No entanto, isso tudo não basta. Há também a necessidade de valorização do esforço de recomposição e conservação florestal através do pagamento de serviços ambientais<sup>18</sup>. Para tanto, torna-se fundamental o estabelecimento de programas estaduais com metas de redução de emissão de CO<sub>2</sub> em conjunto com acordos intersetoriais nos estados, ou interestaduais, que possibilitem o *offset* (compensação) parcial de tetos de emissão de outros setores da economia em projetos de carbono florestal. Acordos bilaterais poderão também envolver outros países e seus estados, como no exemplo do protocolo entre o governo do Acre e o da Califórnia<sup>19</sup>. Independentemente de um novo acordo global sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), ainda distante no horizonte, existe, por fim, a necessidade de regulamentação federal do mercado de carbono florestal.

É preciso, sobretudo, desenvolver um plano nacional estratégico para guiar a expansão responsável da agricultura ao mesmo tempo em que se multiplicam os investimentos em conservação do vasto patrimônio ambiental brasileiro, transformando, desse modo, interesses aparentemente tão divergentes em estratégias complementares. Da parte da conservação, isso inclui a expansão das áreas protegidas pelos outros biomas, além da Amazônia<sup>20</sup>; aumento da fiscalização com uso inteligente de sistemas de monitoramento de desmatamento - em versão expandida para todos os biomas e com discriminação do uso da terra após conversão - e ampliação de programas de combate a incêndios florestais.

---

<sup>17</sup> Ver exemplo em Nunes, F, Soares-Filho B, Giuduce R, Rodrigues, H, Bowman M, Silvestrini, R, Mendoza E. Valorando a floresta em pé: rentabilidade da castanha-do-brasil-no Acre. IX Encontro Nacional da ECOECO. Brasília, 2011. [ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ix\\_en/GT1-191-262-20110620235708.pdf](http://ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ix_en/GT1-191-262-20110620235708.pdf)

<sup>18</sup> A exemplo da Bolsa Verde do estado de Minas Gerais ([ief.mg.gov.br/bolsa-verde](http://ief.mg.gov.br/bolsa-verde)).

<sup>19</sup> Memorando de entendimento para discutir um possível acordo de comércio de créditos de carbono florestal. A ideia é gerar créditos de carbono de projetos de reflorestamento, recuperação e manejo de florestas no Acre e vendê-los na Califórnia dentro de um sistema de compensação de emissões de CO<sub>2</sub>.

<sup>20</sup> Embora as áreas protegidas cubram 46% da Amazônia Brasileira, elas ainda são escassas nos outros biomas, cobrindo respectivamente 7% e 2,6% no Cerrado e na Mata Atlântica, ou seja, bem abaixo do recomendado pela 10ª Convenção das Partes sobre Diversidade Biológica.

Esse último é particularmente importante para a mitigação das mudanças climáticas, dado que a perda do carbono florestal devido ao fogo ameaça a permanência das reduções de emissões de CO<sub>2</sub> do desmatamento.

Por sua vez, soluções para agricultura passam pelo engajamento dos agentes que promovem o desmatamento na produção agrícola ambientalmente sustentável. Para esse fim, Mesa Redonda da Soja Responsável<sup>21</sup> e outras mais têm criado padrões internacionais de certificação que incluem a proibição de cultivo em áreas recém-desmatadas e em áreas de notável interesse para a conservação além da observância das leis locais. Isso é particularmente importante para o Cerrado, devido ao seu ativo de 40±2 Mha, que pode se transformar no futuro em desmatamento legal. Acesso a mercados especiais ou prêmio financeiro, em geral, resultam da certificação. Com efeito, fazendeiros, pecuaristas e madeireiros, entre outros, estão se juntando para criar registros voluntários, nos quais os participantes se comprometem em melhorar seu desempenho socioambiental<sup>22</sup>. Em relação às políticas públicas, torna-se necessário desenvolver um planejamento territorial que oriente as diferentes demandas setoriais e inclua uma expansão cuidadosamente pensada para cana-de-açúcar, soja e outros cultivos, e florestas plantadas em terras subtilizadas pela pecuária. Junta-se a esse esforço um programa de baixo carbono que enfatize investimentos nas soluções para o desenvolvimento de melhores práticas de manejo da terra e manutenção ou recuperação da cobertura florestal. Nisso se inclui uma radiografia das possibilidades geográficas de intensificação da pecuária, através da análise da potencial rentabilidade<sup>23</sup> de seus modos intensivos, sob um conjunto de condições biofísicas, logísticas e de cadeia de mercado. Para mitigar as externalidades da intensificação da pecuária e da expansão agrícola é necessário que ela venha acompanhada da conservação e restauração ambiental em larga escala, visando apoiar a manutenção da estabilidade climática e dos serviços ambientais que os ecossistemas florestais proveem. Enfim, o Brasil precisa desenvolver uma cultura florestal que faça jus a sua proeminência como produtor agrícola mundial e potência ambiental.

---

<sup>21</sup> Round Table on Responsible Soy Association ([responsiblesoy.org](http://responsiblesoy.org)).

<sup>22</sup> Ver exemplo da Aliança da Terra ([aliancadaterra.org.br](http://aliancadaterra.org.br)).

<sup>23</sup> Ver exemplo em Bowman M, Soares-Filho BS, Merry F, Nepstad D, Rodrigues H, Almeida O. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. *Land Use Policy*. 29, 558– 568. 2012.





## *Agradecimentos*

Este trabalho contou com apoio da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, CLUA (Climate Land Use Alliance) via contrato IPAM/FUNDEP (Contrato 11-0301, Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia e The Climate Works Foundation), FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais), projeto de pesquisa sobre Mudanças Climáticas no Estado de Minas Gerais (APQ-00299-11), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, bolsa de produtividade em pesquisa, Projeto Universal 14/2012, INCT Servamb, NASA, grant # NNX11AE56G e Fundação Gordon and Betty Moore, grant # 3413, via contrato FUNDEP/Woods Hole Research Center. O autor agradece também os colegas Ane Alencar, Márcia Macedo, André Lima e Arnaldo Carneiro pelos comentários.

19

## *Metodologia*

A análise dos números de conservação ou recuperação demandados por ambas as versões do código não é uma tarefa simples dada a dimensão continental do Brasil. As limitações são muitas, como a ausência de um registro cartográfico unificado da malha fundiária nacional que conta com cerca de cinco milhões de propriedades, mapas em escala de detalhe da rede de drenagem, registro das larguras dos rios e de uma base integrada por todos os biomas dos remanescentes de vegetação nativa nos seus vários estágios de conservação e regeneração. Devido à largura mínima das áreas de preservação permanente de 30 metros para o fito de conservação, enfatiza-se a necessidade de uma base integrada que cubra todo o território nacional com acurácia cartográfica igual ou superior a 15 metros, ou seja, na escala 1:50.000 ou maior.

Por outro lado, a inexistência dessa base ideal não impede que estimativas em nível nacional não possam ser realizadas, haja vista que já foram feitas no passado<sup>24</sup>. O Brasil dispõe de vários levantamentos da vegetação nativa e de muitas outras bases cartográficas em diversas escalas (Tabela 2) que possibilitam a estimativa do balanço do passivo/ativo

---

<sup>24</sup> Sparovek G., Berndes G., Klug I., Barretto A. 2010. Brazilian Agriculture and Environmental Legislation: Status and Future Challenges. *Environmental Science & Technology* 44 (16), 6046-6053.

florestal com um nível baixo de incerteza<sup>25</sup>. Soma-se a isso, a crescente disponibilidade de métodos computacionais que possibilitam reanálises cada vez mais finas dessa gigantesca base de dados. Assim, a análise do balanço do Código Florestal por todo o território brasileiro é um esforço de computação de alto desempenho, porquanto há necessidade de uma fina resolução espacial (menor tamanho de terreno a ser analisado). Para tanto, neste estudo, utilizou-se uma base cartográfica unificada na resolução espacial de 60 por 60 metros. Essa resolução permite quantificar as áreas de APP de 30 metros a partir de cada lado do curso d'água e é compatível com os mapas de drenagem utilizados (Tabela 2). Como resultado, são geradas matrizes (raster) cartográficas com 71 mil colunas por 73 mil linhas, na projeção Albers Cônica Equivalente, o que garante a mínima distorção em área. O modelo analítico foi implementado usando-se a plataforma de modelagem do *software* livre Dinamica EGO<sup>26</sup> e todo processamento<sup>27</sup> foi realizado usando-se a base computacional do Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais.

Na ausência de uma malha fundiária unificada para todo o território nacional, optou-se pelo uso, como um *proxy*, das Ottobacias da ANA (Agência Nacional de Águas) em ordem de até 12. Essas bacias constituem um total de 166 mil unidades com tamanho médio de 5 mil hectares. Demonstra-se que a incerteza associada ao uso da microbacia para representar a malha fundiária no cálculo do balanço florestal é inversamente proporcional ao número de propriedades dentro da microbacia<sup>28</sup> e ao tamanho da microbacia, ou seja, quanto menores as bacias e as propriedades contidas nelas, menor é a incerteza. Em resultado, foi calculada a incerteza para cada microbacia, advinda da substituição da malha fundiária, sendo o valor somado à incerteza da estimativa de largura de APP.

Para o cômputo dos remanescentes, integrou-se a mais compreensiva base de dados em nível nacional, constituída pelos mapeamentos do PRODES, SOS Mata Atlântica e PMDBBS – Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (Tabela

---

<sup>25</sup> Admite-se, nesse caso, que a faixa de incerteza nas estimas agregadas é suficiente para incluir a incerteza cartográfica decorrente dos erros de superposição de bases com diferentes escalas cartográficas.

<sup>26</sup> O software livre Dinamica EGO é desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento remoto da UFMG. Acesse [www.csr.ufmg.br/dinamica](http://www.csr.ufmg.br/dinamica) para maiores informações.

<sup>27</sup> Graças à capacidade de processamento em paralelo do Dinamica EGO, o modelo do Código Florestal leva cerca de uma hora para ser executado em um computador de 32 multicóres e 64 gigabytes de memória com Windows Seven 64 bits.

<sup>28</sup> No cálculo da incerteza foi utilizada a técnica de *Bootstrap* espacial, ver detalhes na parte final de "métodos".

2). Como nenhum desses dados tem acurácia cartográfica para delimitar remanescentes de vegetação ao longo de APPs de rio, optou-se pelo cálculo do balanço combinado de reserva legal e APP de rio para cada unidade de microbacia. APPs de topo de morro e de encostas íngremes não foram consideradas, tendo em vista que para o balanço agregado por microbacia há uma boa chance de que as reservas legais, quando existentes, estejam situadas nessas áreas. Ademais, o novo código não versa sobre a recuperação desses tipos de APP para áreas consolidadas<sup>29</sup>. Não obstante, tanto a extensão de APP de curso d'água a ser recuperada quanto a possibilidade de estar ocupada por agricultura foram estimadas usando-se um método indireto desenvolvido neste trabalho, denominado *Bootstrap* espacial. Na estimativa de áreas de APPs potencialmente ocupadas por culturas agrícolas foi utilizada a chance de 60% de ocupação, visto que pelo menos 90% dos 24 Mha de cultura de soja se encontram em áreas fora de APP, devido à impossibilidade de uso de maquinário agrícola em áreas usualmente encharcadas.

Uma grande fonte de incerteza em relação ao mapeamento de APP de curso d'água refere-se à ausência de informação sobre a largura dos rios. A base de drenagem da ANA – Agência Nacional de Águas – (Tabela 2) somente traz a ordem hierárquica dos cursos de drenagem. Na ausência da largura dos rios, optou-se por associar uma hipotética largura à ordem de drenagem, conforme Tabela (3)<sup>30</sup>. Foram desenvolvidas duas bases de APPs, uma considerando 30 metros fixos ao longo de todos os cursos de drenagem e uma segunda, usando-se a hierarquia, conforme Tabela (3). Daí foi tirado um valor médio para cada microbacia e 75% da diferença em relação ao valor máximo foi empregado como incerteza, tendo em vista que a chance de ocorrerem valores extremos é muito baixa. Para cada microbacia, primeiramente, foi calculada a área útil, ou seja, a área total das propriedades rurais, depois de subtrair áreas urbanas, corpos d'água, áreas protegidas de domínio público, terras indígenas e faixas marginais de rodovias e ferrovias. Ao valor médio da área de APP, somou-se a área de reserva legal esperada proporcional à área de uma determinada microbacia, conforme estabelecido em ambas as leis (Tabela 3). Para tanto, foi utilizada uma combinação do mapa da Amazônia Legal e de fisionomias de vegetação (Tabela 2). Quando uma microbacia compartilhava mais de uma porcentagem de reserva

---

<sup>29</sup> Área consolidada: área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008.

<sup>30</sup> Esse método foi usado por Sparovek et al. (2010). No entanto, a largura inferida neste trabalho difere da escala estabelecida por esses autores.

legal a proporção final era calculada ponderando-se as regras pelas suas áreas correspondentes dentro de cada microbacia.

Para a estimativa do passivo ambiental, considerou-se a possibilidade de redução da reserva legal na Amazônia Legal de 80% para 50% do tamanho da propriedade, somente para fins de recomposição em áreas indicadas para consolidação da atividade agropecuária, o que exclui as APAs (Área de Proteção Ambiental de domínio privado). Devido aos distintos estágios em que se encontram os projetos estaduais de zoneamento ecológico econômico (ZEE) na Amazônia, optou-se por usar o ZEE sugerido pelo Ministério do Meio Ambiente (Tabela 2). Do total de remanescentes em áreas úteis, subtraiu-se a soma de APP e reserva legal. No caso do resultado positivo, considerou-se como ativo florestal, e o contrário como passivo. Ambas as áreas de passivos e ativos foram multiplicadas pela média da biomassa potencial<sup>31</sup> da vegetação original de cada microbacia para estimativas do potencial de sequestro por projetos de restauração e de emissão evitada (REDD). Devido à incerteza do mapa de biomassa, se adicionou 20% à faixa total de incerteza. Com objetivo de produzir estimativas agregadas por biomas dentro de cada estado da federação, os dados do balanço do Código Florestal por microbacia foram transplantados para a malha municipal/bioma, sobrepondo as áreas das microbacias com as unidades resultantes do cruzamento do mapa de biomas com o de municípios.

Embora as regras para fins de conservação se mantenham inalteradas após a revisão, as regras de recomposição se tornaram bastante complexas. Primeiro, a recuperação do passivo de APP de curso d'água passou a usar uma regra conhecida como "escadinha", na qual a faixa a ser recuperada depende, além da largura do rio, do tamanho do módulo fiscal. Também há isenção em recuperar a reserva legal de áreas consolidadas em propriedades com tamanho de até quatro módulos fiscais. Além disso, a reserva legal na Amazônia pode ser reduzida para 50%, quando o município tiver mais de 50% da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas, ou quando o estado tiver ZEE aprovado e mais de 65% do seu território ocupado por unidades de conservação e terras indígenas homologadas. Por fim, se admite o cômputo das APP no cálculo do percentual da Reserva Legal, desde que o imóvel esteja incluído no Cadastro Ambiental Rural (Tabela 1).

---

<sup>31</sup> O mapa de biomassa potencial é uma reconstituição da biomassa da vegetação original dos biomas brasileiros conforme metodologia descrita em Leite, C. C.; Costa, M. H.; Soares-Filho, B. S.; Hissa, L. B. V. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995. *Global Biogeochemical Cycles*. v.26, p.GB2011 - 29, 2012.

Essa série de regras foi então incluída no modelo de análise do código. Para tanto, foi necessário espacializar a definição dos módulos fiscais que são variantes pelo território nacional e sua correspondência em relação ao tamanho das propriedades dentro de cada microbacia hidrográfica. Ambas as definições dos módulos fiscais e da estrutura agrária, com o número de propriedades por faixa de extensão, foram obtidas dos dados do censo agropecuário de 2006<sup>32</sup>. Como esses dados referem-se a unidades municipais, foi preciso transpô-los para as microbacias, usando uma ponderação espacial, que leva em consideração a interseção entre as áreas de ambas as unidades.

Já o cálculo de áreas aptas levou em consideração encostas com declividade menor do que 15% e a exclusão de solos com forte impedimento agrícola<sup>33</sup>. O mapa de aptidão foi comparado com as áreas de culturas de soja e cana, mapeadas pelo projeto CANASAT<sup>34</sup>, sendo que 90% das culturas de cana-de-açúcar e soja coincidiram com as áreas classificadas como aptas.

**Tabela 2.** Base de dados utilizados nas análises

Tema	Mapa	Fonte	Data	Escala
<b>Infraestrutura</b>	Malha Ferroviária Brasileira	PNLT	2009	1:1.000.000
	Malha Rodoviária Brasileira	PNLT		1:1.000.000
<b>Demografia e limites administrativos</b>	Malha urbana dos setores censitários do Brasil	IBGE	2010	1:100.000
	Malha municipal do Brasil	IBGE	2010	1:100.000
	Malha estadual do Brasil	IBGE	2010	1:100.000
	Amazônia Legal Brasileira	MMA	2011	1:5.000.000
<b>Áreas protegidas</b>	Áreas protegidas, incluindo terras indígenas, uso sustentável e proteção integral	CSR	2012	1:100000
	(APA) Área de proteção especial de domínio privado	CSR	2012	1:100.000

<sup>32</sup> IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Censo Agropecuário de 2006. (CD-ROM). Rio de Janeiro, IBGE. 2006.

<sup>33</sup> Ver detalhes em Nepstad DC, Stickler CM, Soares Filho BS, Merry F (2008) Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363:1737-1746.

<sup>34</sup> <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>

<b>ZEE</b>	Zoneamento ecológico econômico	MMA	2007	1:5.000.000
<b>Hidrografia</b>	Ottobacias em ordem até 12	ANA	2010	
	Rede Hidrográfica	ANA	2010	
	Rios permanentes de margem dupla, lagos, lagoas e represas	IBGE	2006	1:1.000.000
<b>Fisiografia</b>	Principais classes de cobertura vegetal do Brasil	IBGE	2002	1:5.000.000
	Biomassas do Brasil	IBGE	2011	1:5.000.000
	Biomassa potencial da vegetação original	Leite <i>et al.</i> 2012	2012	1:5.000.000
	Mapa de Solos do Brasil, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA	IBGE	1999	1:5.000.000
<b>Remanescentes de vegetação nativa</b>	Remanescentes no bioma Cerrado	PMDBBS		
	Remanescentes no bioma Pampa	PMDBBS	2009	1:250 000
	Remanescentes no bioma Caatinga	PMDBBS	2009	1:250 000
	Remanescentes no bioma Pantanal	PMDBBS	2009	1:250 000
	Remanescentes florestais no bioma Amazônia	PRODES	2011	1:250 000
	Remanescentes florestais no bioma Mata Atlântica	SOS	2009	1:250 000
	Vegetação secundária na Amazônia	TERRACLAS	2012	1:100 000
	Desmatamento no Cerrado entre 2009 e 2010	PMDBBS	2011	1:250 000
<b>Dados censitários</b>	Censo Agropecuário	IBGE	2006	1:100.000
	Produção Agrícola Municipal - PAM	IBGE	2011	1:100.000

**PNLT:** Plano Nacional de Logística e Transportes, **IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **MMA:** Ministério do Meio Ambiente, **CSR:** Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG, **ANA:** Agência Nacional de Águas, **PRODES:** Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia<sup>35</sup>, **PMDBBS:** Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (IBAMA, MMA, 2012)<sup>36</sup>, **Terra Class** (INPE, 2012b)<sup>37</sup>, **SOS:** SOS Mata Atlântica (SOS, 2012)<sup>38</sup>.

<sup>35</sup> [www.obt.inpe.br/prodes/](http://www.obt.inpe.br/prodes/)

<sup>36</sup> <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>

<sup>37</sup> [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass.php)

<sup>38</sup> <http://www.sosma.org.br/>

**Tabela 3.** Larguras de APP associadas à hierarquia de drenagem da ANA

Ordem	Largura (m)
1	240
2	180
3	90
4	60
5	60
6	30
7	30
8	30
9	30
≥ 10	30

### ***Bootstrap espacial para cálculo de APPs, área ocupada pela agricultura e incertezas***

*Bootstrap* é uma técnica estatística para estimar parâmetros de amostras usualmente pequenas, como a forma da função de distribuição de probabilidade, sua média e variância. Essa técnica se baseia em amostragens repetitivas com a substituição das amostras selecionadas do conjunto de dados, utilizando a simulação de Monte Carlo com grande número de iterações (1000 a 10000, por exemplo).

Neste estudo, nós adaptamos o método de *Bootstrap* para estimar o déficit de APP e sua área potencialmente ocupada pela agricultura e a faixa de incerteza desses cálculos advinda do uso das microbacias da ANA como *proxy* para a malha fundiária. Para tanto, foi criado um mapa com 100 células (10x10) para representar a microbacia e simulações foram rodadas usando-se Dinamica EGO, variando-se a cobertura vegetal, tamanho da reserva legal, área de APP, área agrícola e número de propriedades dentro da bacia.

Um primeiro conjunto de simulações foi realizado variando-se apenas a cobertura vegetal de 20 a 80%, e largura de APP, de 10 a 50% da microbacia. A alocação tanto da cobertura vegetal quanto das APPs se deu aleatoriamente usando-se um conjunto de 10 mil repetições. Para cada iteração, a área de remanescente foi sobreposta à da APP simulada, sendo o déficit calculado (Figura 12). Deduziu-se da convergência dos resultados da

simulação que a média do déficit de APP em porcentagem à área útil de cada microbacia pode ser inferida usando-se a equação abaixo:

$$\text{Déficit\_de\_APP} = \text{Área\_de\_APP} - \text{Área\_de\_APP} * \text{Área\_Total\_de\_Remanescente} / \text{Área\_da\_Microbacia}$$

Do mesmo modo, a incerteza de um desvio padrão dessa estimativa pode ser inferida usando-se a seguinte equação:

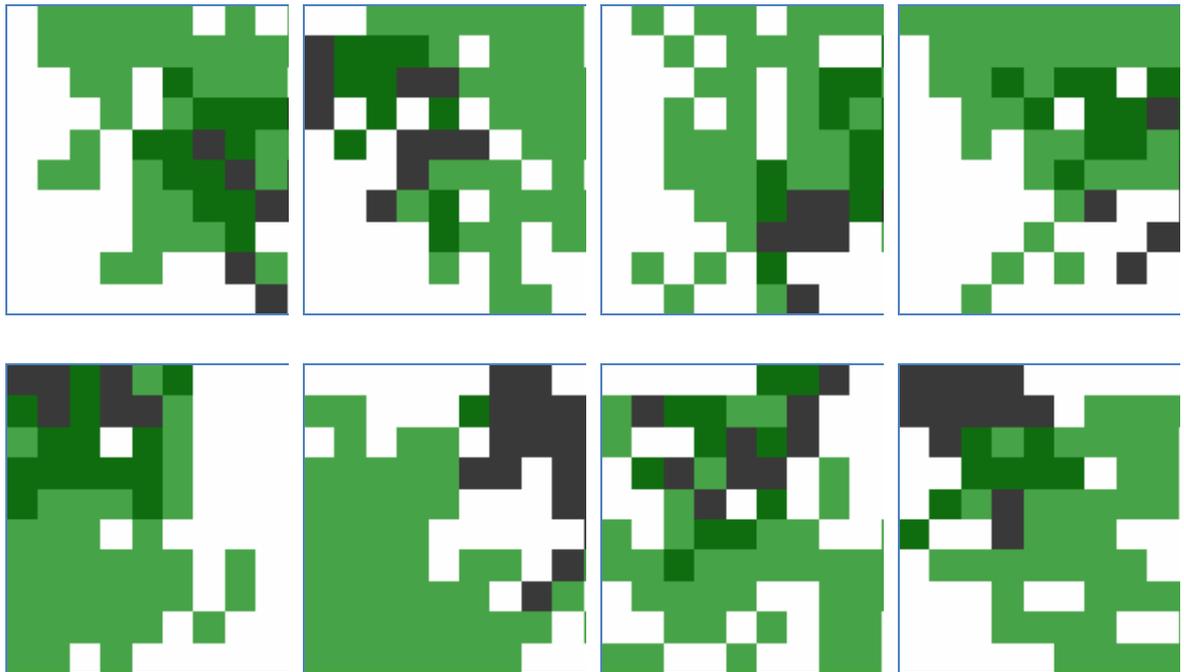
$$\text{Desvio\_Padrão} = (\text{Área\_de\_APP} - \text{Déficit\_de\_APP}) * \text{Déficit\_de\_APP} / \text{Área\_de\_APP}$$

Por analogia, as equações abaixo podem ser utilizadas para inferir as áreas de APP a serem consolidadas potencialmente ocupadas pela agricultura:

$$\text{Área\_Potencialmente\_Ocupada} = \text{Área\_de\_APP\_a\_ser\_consolidada} * \text{Área\_agrícola} / \text{Área\_aberta\_da\_microbacia}$$

E sua incerteza é:

$$\text{Desvio\_Padrão} = (\text{Área\_de\_APP\_a\_ser\_consolidada} - \text{Área\_potencialmente\_ocupada}) * \text{Área\_potencialmente\_ocupada} / \text{Área\_de\_APP\_a\_ser\_consolidada}$$



**Fig.12.** Simulações com alocação aleatória de áreas de APP de 20 células (preto) e remanescentes de 50 células, numa bacia de 100 células. Verde escuro corresponde à sobreposição das APPs com remanescentes, e branco, à ausência de APP e remanescente. Em média, o déficit em APP se aproxima de 10 células.

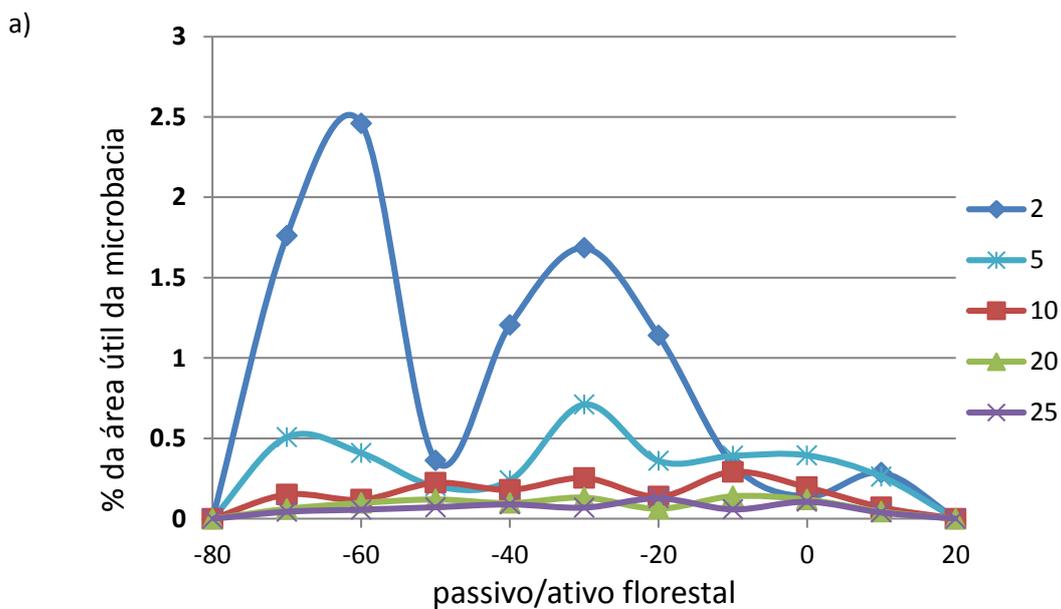
Por sua vez, as simulações mostraram que com o número elevado de microbacias utilizado na análise, a incerteza do balanço de reserva legal passa a depender do número de propriedades dentro da microbacia, da porcentagem da reserva legal estipulada, da porcentagem do déficit ou ativo florestal e da área útil da microbacia (Figura 13). Todavia, para fins de simplificação, pode-se aproximar a média desse parâmetro para cada número de propriedades com a seguinte função (Figura 14):

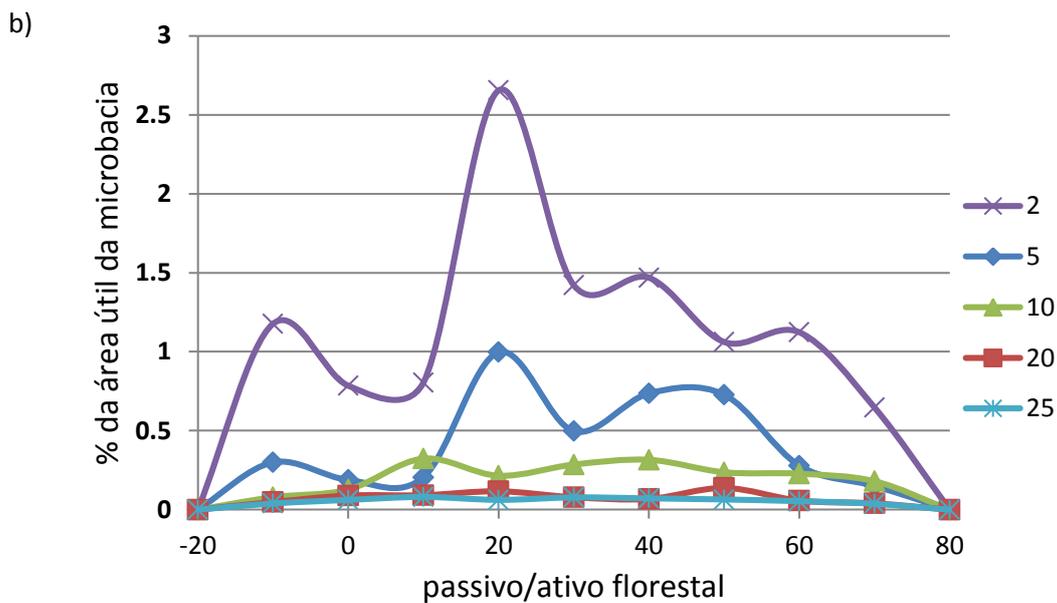
$$\text{Incerteza\_m\u00e9dia (em porcentagem de \u00e1rea \u00fasil)} = 2.542 * \text{n\u00famero\_de\_propriedades}^{-1.111}$$

Por fim, a equa\u00e7\u00e3o acima foi modificada para levar em conta que a incerteza tende a zero quando o n\u00famero de propriedades \u2264 1 ou o remanescente florestal tende a 0% ou a 100% da \u00e1rea \u00fasil da bacia e, assim, aplicada aos dados de cada microbacia para a estimativa de incerteza do balan\u00e7o florestal, tal como:

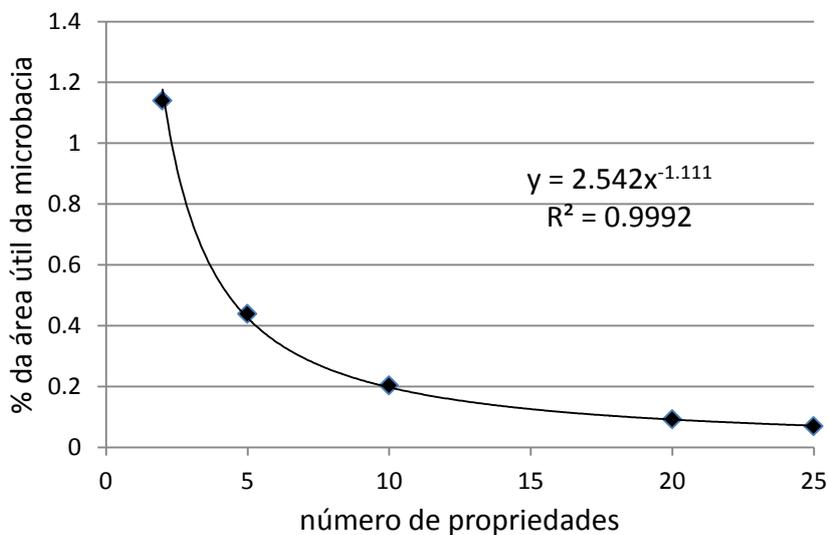
*Se n\u00famero\\_de\\_propriedade = 1 ou remanescente\\_florestal <5% ou >95% ent\u00e3o 0 sen\u00e3o Incerteza\\_m\u00e9dia*

Como resultado, a incerteza total associada ao tamanho das microbacias como *proxy* das propriedades rurais, considerando 2 desvios padr\u00f5es, foi de apenas 0,6 Mha – representando apenas 3% do valor total do passivo ambiental ap\u00f3s revis\u00e3o –, comprovando assim a boa aproxima\u00e7\u00e3o desse m\u00e9todo de representa\u00e7\u00e3o.





**Fig. 13.** Incerteza do cálculo do balanço florestal relativo à área útil em função do número de propriedades dentro da microbasia e fração de déficit ou passivo ambiental. (a) Reserva legal de 80%, (b) reserva legal de 60%. Números de propriedades variam de 2 a 25.



**Fig. 14.** Relação entre a média de incerteza do cálculo do balanço florestal em função do número de propriedades dentro da microbasia.