



IV PRÊMIO

Serviço Florestal Brasileiro
em Estudos de Economia
e Mercado Florestal



**Carlos Eduardo Frickmann Young
e Marcio Alvarenga Junior**

**Custos e benefícios da implementação de
um mercado de cotas de reserva
ambiental (CRA) no Brasil**

CUSTOS E BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM MERCADO DE COTAS DE RESERVA AMBIENTAL (CRA) NO BRASIL

1. Introdução

O Novo Código Florestal Brasileiro (NCFB), revisado e sancionado pela Lei 12.651/2012, alterou consideravelmente o marco regulatório acerca do uso e proteção de vegetação nativa em propriedades privadas no Brasil. A nova legislação foi bastante criticada por eliminar ou reduzir diversas salvaguardas previstas no Código Florestal anteriormente vigente (BRASIL, 1965), tais como a cancelamento da necessidade de recuperação em áreas consolidadas (desmatamento que ocorreu anterior a 2008) em pequenas propriedades (até quatro módulos fiscais), ou diminuição do tamanho das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Por essa razão, diversos estudos apontaram que houve uma redução da necessidade de recuperação de matas nativas em propriedades rurais. Soares-Filho *et al.* (2014) estimaram que o passivo florestal¹ brasileiro tenha sido reduzido em 58%, contabilizando os desmatamentos realizados para além dos limites estabelecidos por lei para Reserva Legal (RL), além da supressão vegetal nas Áreas de Preservação Permanente no entorno de rios e nascentes (APP ripária). Para as Áreas de Preservação Permanente (APP) de topo de morros, o percentual de

¹ Passivo florestal refere-se à área de vegetação nativa que um determinado proprietário rural deveria acrescentar em função de estar abaixo dos requerimentos mínimos exigidos pela legislação florestal. Ativo florestal refere-se à área excedente de vegetação nativa que outro proprietário rural dispõe por estar com áreas florestadas acima do mínimo requerido pela legislação.

redução estimada foi ainda maior, atingindo 87% daquilo que era previsto na legislação antiga. Garcia *et al.* (2013) apontam para uma redução semelhante das áreas de passivo ambiental. Os autores realizaram um estudo de caso com 57 propriedades nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal, cujos resultados revelam uma redução média de 57% das áreas de RL e APP segundo a redação do NCFB.

Contudo, mesmo com a redução nas obrigações de reflorestamento e outras concessões introduzidas pela Lei 12.651/2012, o passivo florestal brasileiro ainda é elevado (SOARES FILHO *et al.*, 2014; SOARES-FILHO, 2015; INSTITUTO ESCOLHAS, 2016).

Especificamente em relação aos déficits de Reserva Legal (RL), o NCFB prevê três formas possíveis de adequação à lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012):

- (i) a recomposição da área de RL através do replantio de mudas;
- (ii) a regeneração natural da vegetação na área de RL;
- (iii) a compensação de RL

Dentre as possibilidades de compensação aludidas pelo art. 66 da Lei 12.651/2012 está prevista a aquisição de Cota de Reserva Ambiental (CRA) ². A

² Além do CRA, há a possibilidade de compensação das áreas de déficits por meio de: (i) arrendamento de área sob regime de servidão ambiental ou Reserva Legal; (ii) doação ao poder público de área localizada no interior de Unidade de Conservação de domínio público pendente de regularização fundiária; (iii) cadastramento de outra área equivalente e excedente à Reserva Legal, em imóvel de mesma titularidade ou adquirida em imóvel de terceiro, com vegetação nativa estabelecida, em regeneração ou recomposição, desde que localizada no mesmo bioma. (BRASIL, 2012)

CRA “é um título nominativo representativo de área com vegetação nativa existente ou em processo de recuperação” (BRASIL, 2012). Isso significa que o proprietário que não atender os percentuais mínimos de RL poderá compensar seu déficit na propriedade de outrem, desde que haja a equivalência das áreas e que estas se encontrem no mesmo bioma. Isso cria a possibilidade de que proprietários rurais que tenham ativos florestais negociem com aqueles que estão com passivos florestais, estabelecendo um Mercado de CRA.

Atualmente persiste um grande debate entre legisladores, proprietários rurais, ambientalistas e órgãos técnicos das administrações públicas acerca das implicações da nova legislação e o potencial que o Mercado de CRA poderá alcançar no futuro. É importante destacar que as regras de funcionamento das transações de CRA terão grande efeito sobre esses resultados finais. Um sistema com regras muito rígidas, que restrinja as condições para que um ativo florestal de uma determinada propriedade possa compensar o passivo de outra, resultará em um volume menor de transações com preços maiores. Já um sistema mais flexível, que seja menos restritivo, deverá induzir um volume maior de transações, a preços mais baixos. Contudo, a distribuição geográfica onde os ativos ambientais se localizarão também será afetada por essas regras: um sistema mais flexível tenderá a concentrar nas regiões do país onde o preço da terra é mais barato, enquanto que sistemas com regras mais rigorosas poderão resultar em uma maior pulverização das áreas de florestas nativas em propriedades privadas.

O objetivo primário do presente trabalho consiste no aprofundamento do debate acima, através de projeções dos valores que seriam transacionados no mercado de CRA, estimando suas quantidades e preços de equilíbrios, em função de diferentes regras para a comercialização de CRA. Três situações foram consideradas para simular as possíveis consequências entre diferentes regras de funcionamento: (i) a situação atualmente estabelecida, que limita as transações de CRA dentro do mesmo bioma; (ii) uma situação hipotética mais flexível, na qual seria permitido que ativos ambientais localizados em um bioma compensassem passivos em outro bioma; e (iii) a impossibilidade de negociação de CRAs, na qual todo o passivo florestal deveria ser recomposto em cada propriedade com déficit de Reserva Legal.

Os resultados mostram que, como esperado, os custos de adequação à legislação florestal são reduzidos quando instrumentos de flexibilização, como a negociação de CRAs, são permitidos. Nesse sentido, o argumento em defesa de um mercado nacional de CRA, que permita negociações entre propriedades em diferentes de bioma, faz sentido na medida em que os custos ficam menores. Contudo, ao analisar os benefícios em termos de serviços ambientais associados, verifica-se que há redução significativa nos benefícios em termos de captura de gases de efeito estufa e erosão evitada. Isso ocorre porque um sistema de CRA nacional induziria uma forte tendência de concentração de vendedores de ativos ambientais na Caatinga e partes do Cerrado onde a densidade de carbono e a erodibilidade do solo são menores. Por essa razão, as simulações demonstram que a restrição das transações de CRAs aos biomas nas quais as propriedades estão

inseridas é a opção mais eficiente, gerando mais benefícios em serviços ambientais por unidade de custo de implementação.

Deve-se ressaltar que, por falta de informações e metodologias adequadas, não foram considerados os impactos sobre a conservação da biodiversidade, que é o argumento mais importante dos críticos a um mercado nacional de CRAs, sem restrições de biomas. Caso esse fator fosse considerado, a conclusão anterior (opção por um mercado de CRAs restrito por bioma, ao invés de um mercado nacional) seria ainda mais fortalecida.

As simulações foram efetuadas utilizando o Sistema de Informações Geográficas, Econômicas e de Meio Ambiente (SIGGEMA), desenvolvido pelo Grupo de Economia do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GEMA – IE/UFRJ). Esse sistema permite que se possa efetuar simulações avaliando, simultaneamente, os efeitos sobre custo de oportunidade da terra e emissões de gases de efeito estufa, além de outros aspectos ambientais, como potencial de erosividade do solo de diferentes tipos de uso da terra e áreas de maior relevância para a conservação da biodiversidade. A descrição detalhada da metodologia de construção do SIGGEMA está disponível em Young et al. (2016).

Uma importante restrição do SIGGEMA é que as informações econômicas (custo de oportunidade da terra e custos de recuperação florestal) assumem o município como unidade básica de informação. Ou seja, as propriedades dentro do mesmo município são tratadas tendo os mesmos custos, estimados pela média municipal. Portanto as possibilidades de negociação de CRA são estabelecidas pela

diferença entre as médias de custos municipais, sempre partindo do princípio de que a decisão econômica irá privilegiar as ações onde esses custos são mais baratos.

2. Apresentação do problema

O propósito deste trabalho é discutir as possíveis consequências de distintas formas de implementação do Mercado de CRA no Brasil, explorando algumas alternativas que estão previstas no NCFB para que os proprietários se adequem aos requisitos mínimos de RL.

Mais especificamente, neste trabalho serão analisados os custos e benefícios envolvidos em três estratégias que serão consideradas como alternativas para propriedades rurais com déficit de Reserva Legal - supõe-se que os proprietários eliminarão seus déficits por meio da estratégia mais barata disponível:

- i. Compra de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) em um mercado restrito ao bioma onde está localizada a propriedade.
- ii. Recuperação do déficit de Reserva Legal *in loco*.
- iii. Compra de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) em um mercado nacional, sem restrição de bioma.

A primeira opção prevê que a recuperação pode se dar através da compensação na propriedade de terceiros em outro município, por meio da compra de CRAs. Cada CRA equivale a 1 hectare para título de compensação. A Lei 12.651/2012 estabelece que se deve assegurar a equivalência entre a área a ser recuperada e a área onde o proprietário irá compensar o seu déficit, sendo

necessariamente localizadas no mesmo bioma. É possível que órgãos ambientais estabeleçam regras mais restritivas, restringindo as transações para a mesma unidade da Federação ou mesmo sub-regiões dentro dessas, como, por exemplo, bacias ou micro-bacias hidrográficas. Neste trabalho, adotou-se a condição mais flexível, ou seja, de que a única restrição ambiental é a equivalência de biomas. Estudos posteriores podem apresentar condições mais restritivas, o que por sua vez requer um maior detalhamento das informações econômicas para sua validação, visto que as informações usadas no presente trabalho estão restritas às médias municipais.

Dentre as áreas passíveis de serem transformadas em CRA, foram consideradas apenas as áreas florestadas excedentes sobre o mínimo requerido de RL, que somam aproximadamente 92 milhões de hectares. Ademais, foram considerados títulos de CRA de 15 anos de duração. O custo de oportunidade da terra ao longo desse período foi descontado para o valor presente a uma taxa real de 6% ao ano. Não se considerou o potencial de comercialização de CRAs em florestas estabelecidas em propriedades de até 4 módulos fiscais em função das mesmas estarem isentas do mecanismo da Reserva Legal e, portanto, não haver adicionalidade nessa ação (em outras palavras, não há como as pequenas propriedades estarem superavitárias em termos de RL visto que não há limite estabelecido para elas).

A segunda opção supõe que não seja possível a compensação de RL através do mercado de CRA. Ou seja, considera que a recuperação de áreas de Reserva Legal deve ocorrer necessariamente nas propriedades onde o déficit ocorre,

considerando os custos de interrupção das ações antrópicas para permitir a regeneração natural da vegetação nativa (custo de oportunidade da terra), mais os principais custos relacionados ao cercamento da área, incluindo as despesas com insumo e seu transporte até o local, as despesas com mão de obra e com administração do projeto. Os custos com replantio de mudas não foram incluídos por tratar-se de tema polêmico - há controvérsias acerca da recuperação ser espontânea ou com plantio e, nesse caso, sobre quais espécies plantar -, e que encarece significativamente o valor a ser despendido (YOUNG *et al.*, 2016).

A terceira opção é a de criação de um mercado nacional de CRA. Essa opção é bastante semelhante à primeira, mas com a diferença de que não existiria restrição a transações realizadas em propriedades localizadas em diferentes biomas.

Os dados referentes às áreas de ativo florestais foram obtidos junto aos estudos Soares-Filho *et al.* (2014) e Soares-Filho (2015), enquanto as informações referentes aos custos de cercamento e de custo de oportunidade da terra foram retirados da base SISGEMA de indicadores ambientais (YOUNG *et al.*, 2016).

3. Mercado de CRA restrito por bioma

O objetivo desta seção é simular um mercado de CRA onde os proprietários de terras com déficits de RL podem compensar seu passivo florestal por meio da aquisição de cotas de reserva ambiental de 15 anos de duração, desde que localizados no mesmo bioma da área a ser compensada. Para isso, são estimados os componentes de demanda e oferta de títulos de CRA.

A curva de demanda por CRAs reflete o tamanho, em área, do déficit em reserva legal estimado para cada município, respeitado o respectivo bioma (diversos municípios estão localizados em mais de um bioma). A decisão do proprietário é considerada como economicamente racional, ou seja, ele irá optar pela forma mais barata de enquadramento aos requisitos mínimos de Reserva Legal. Por isso, a disposição máxima que alguém estará disposto a pagar para adquirir uma cota de reserva ambiental equivale aos custos que o próprio incorreria caso fosse obrigado a recuperar as áreas de reserva legal dentro de sua propriedade. Para este trabalho, são considerados os seguintes custos:

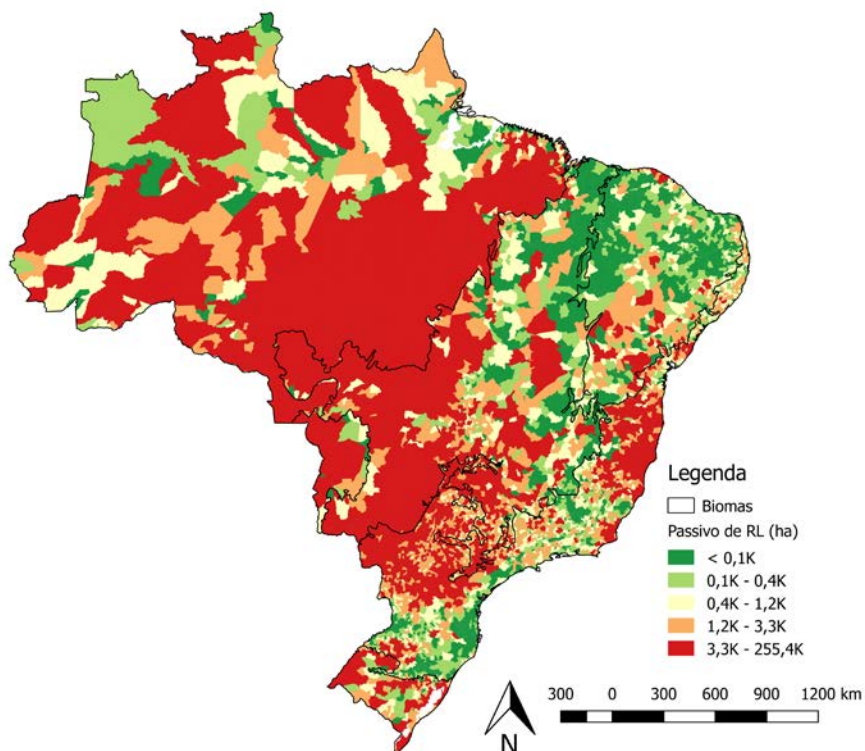
- (i) O valor presente do custo de oportunidade da terra ao longo de 15 anos (tempo de duração do título de CRA)
- (ii) As despesas referentes ao cercamento da área, incluindo o custo de insumos e com o seu transporte até o local a ser reflorestado, os custos com mão-de-obra para a instalação da cerca e os custos com a administração do projeto.

Já a curva de oferta de CRA reflete o quanto que proprietários que possuem ativos florestais (áreas florestadas excedentes ao mínimo requerido por lei). A oferta de CRA é formada pela agregação da área de ativo florestal estimada para cada município em um bioma. Os proprietários de ativos florestais (ofertantes) estarão dispostos a vender cotas de reserva ambiental desde que recebem um valor pelo menos igual aos seus custos de cercamento adicionados do custo de oportunidade da área que seria transacionada. Em outras palavras, um potencial ofertante de CRA só aceitará vender a cota se receber um valor que pelo menos compense o retorno

previsto para a produção agropecuária ao longo do período de vigência do título, mais os custos de cercamento. Caso contrário, não aceitará transacionar a compensação ambiental de terceiros, e poderá converter a área para uso agropecuário.

O Mapa 1 apresenta a distribuição espacial de déficits de Reserva Legal, construído a partir das estimativas de Soares-Filho *et al.* (2014). Nota-se que a região do arco do desmatamento acumula grandes extensões de passivo ambiental, conjuntamente com a região central do Cerrado brasileiro. A razão pela qual o déficit de RL na Amazônia Legal ser tão alto, apesar de ser a região com maior extensão de florestas nativas, deve-se ao fato de que as restrições legais ao uso da propriedade serem maiores nessa parte do Brasil: a RL deve ser de 80% da propriedade quando situado em bioma amazônico, e 35% quando for Cerrado localizado na Amazônia Legal. Para o resto do país, a RL é de 20% da propriedade. Ainda sim, o déficit de RL é bastante elevado, especialmente na Mata Atlântica.

Mapa 1. Distribuição espacial do déficit de RL

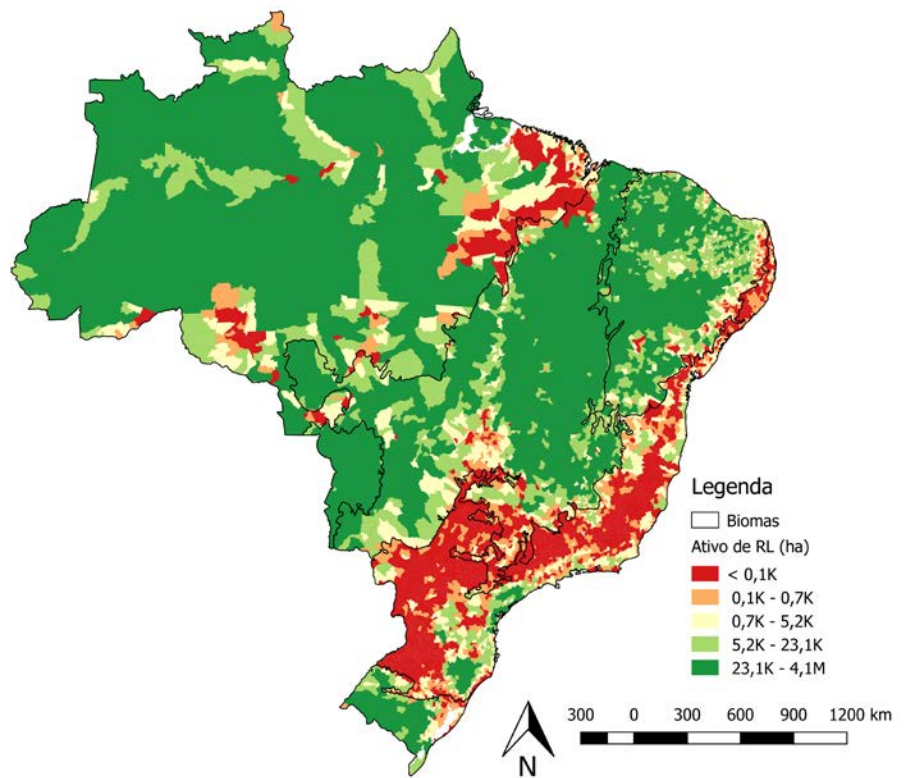


Fonte: Elaboração própria segundo os dados de Soares-Filho *et al.* (2013)

O Mapa 2 revela a distribuição espacial do ativo florestal, também utilizando as estimativas de Soares-Filho *et al.* (2014). Nota-se que há grande volume de áreas passíveis de gerar CRA em praticamente todos os biomas. Contudo, em determinadas partes do país, observa-se uma significativa escassez de excedente de RL. Esse problema ocorre ao longo de praticamente toda a Mata Atlântica, além

de regiões onde há expansão significativa da atividade agropecuária, como em Rondônia, partes do Mato Grosso e Goiás, e a área entre o Pará e o Maranhão.

Mapa 2. Distribuição espacial do ativo florestal



Fonte: Elaboração própria segundo os dados de Soares-Filho *et al.* (2013).

De fato, a Mata Atlântica é o único bioma brasileiro onde o ativo florestal não resultaria em uma quantidade de Cotas de Reserva Ambiental capaz de eliminar o déficit de Reserva Legal (Tabela 1). Isso implica que pelo menos parte da

adequação a lei deverá ser feita por outros meios além da negociação de CRA, e que será necessário ocorrer recuperação florestal em propriedades atualmente em déficit de RL.

Tabela 1. Distribuição do Déficit de Reserva Legal e do Ativo Florestal por bioma

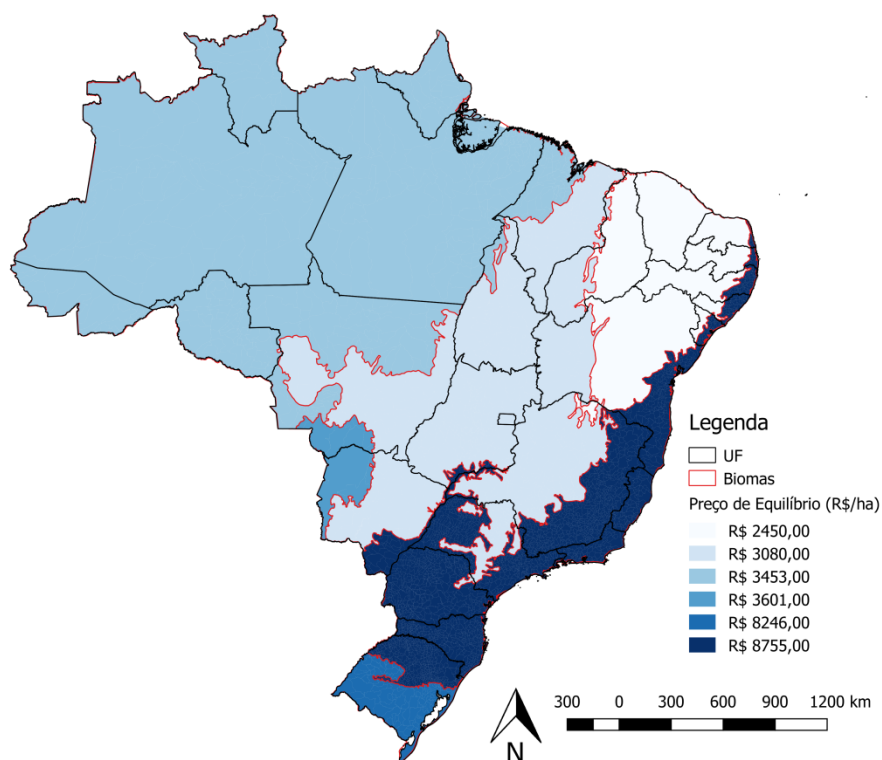
Bioma	Déficit de Reserva Legal	Ativo Florestal
Amazônia	7.624.226	13.761.619
Caatinga	650.592	26.536.194
Cerrado	5.022.044	37.964.352
Mata Atlântica	5.073.871	4.177.150
Pampa	409.801	2.852.157
Pantanal	90.653	6.767.916
Brasil	18.871.187	92.059.387

Fonte: Elaboração própria segundo os dados de Soares-Filho *et al.* (2013)

A restrição de que transações de CRA devem ser restritas ao próprio bioma significa, na prática, que se constituirão o Brasil seis mercados distintos e estanques de negociação dessas cotas. Em cada um desses mercados, respectivos ao seu bioma de referência, o preço de equilíbrio será diferente, pois não pode haver

“vazamento” na resolução de déficits de RL de um bioma para outro. O Mapa 3 apresenta as estimativas de preço de equilíbrio entre oferta e demanda de CRA estimados para cada um dos biomas brasileiros, a partir das estimativas efetuadas com base nos custos de oportunidade da terra e de cercamento presentes no SISGEMA.

Mapa 3. Preço de equilíbrio do título de CRA por bioma

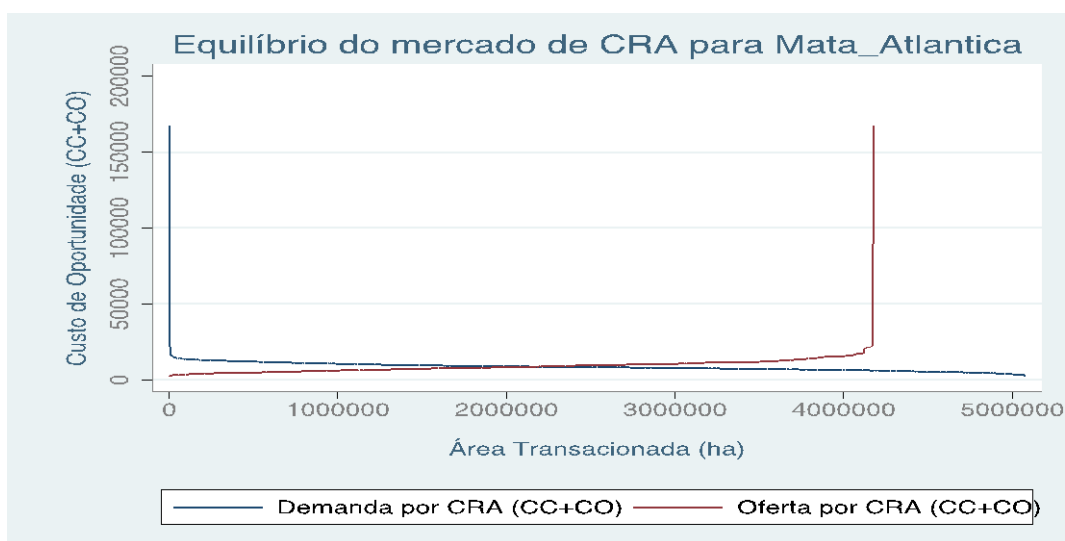


Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 1 apresenta os resultados da simulação de um mercado de CRA para a Mata Atlântica. Projeta-se um volume de transações da ordem aproximada de

2,2 milhões de hectares, a um preço médio de R\$ 8.755 por CRA (1 CRA = 1 Hectare). Na área situada à direita do equilíbrio de mercado (interseção entre as curvas de oferta e demanda) supõem que não seriam transacionadas cotas, visto que o máximo que o demandante (proprietário com déficit de RL) estaria disposto a pagar é inferior ao mínimo que o ofertante (proprietário com área de ativo florestal) exigiria receber por não utilizar a área e destiná-la ao mercado de CRA. Nesse caso, o proprietário com déficit de RL gastaria menos ao eliminar seu déficit de RL através da recuperação florestal em sua propriedade do que adquirindo CRAs no mercado.

Gráfico 1. Mercado estimado de CRA para a Mata Atlântica



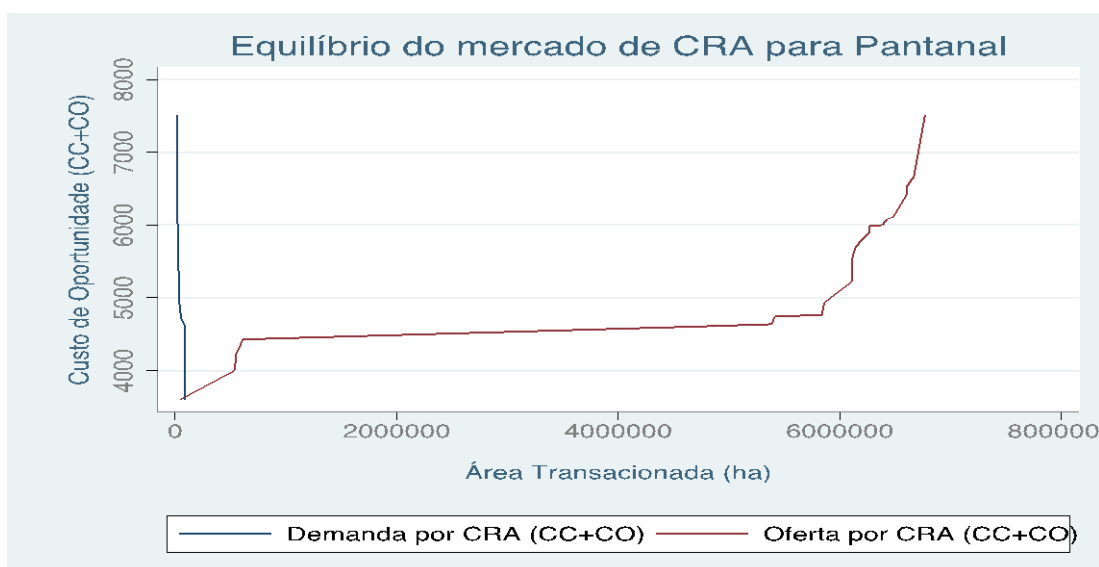
Fonte: Elaboração própria

Em vista dos altos custos de oportunidade e da escassez de ativo florestal nesse bioma, o preço do CRA transacionado seria elevado (Mapa 3). Como

resultado, apenas 42,9% do déficit de RL seria abatido pela compra de Cotas de Reserva Ambiental; o restante caberia a recuperação *in loco*.

No extremo oposto dessa situação estaria o Pantanal: nesse bioma, é possível observar que o volume de ativos florestais é muito superior ao déficit de Reserva Legal. Como boa parte das propriedades nesse bioma atende os requisitos mínimos de RL, percebe-se que o volume transacionado seria pequeno. Para esse caso, estima-se que todo déficit de RL pode ser compensado via aquisição de CRA, totalizando 90,6 mil hectares, a um preço médio de R\$ 3601/ha (Gráfico 2).

Gráfico 2. Mercado estimado de CRA para o Pantanal

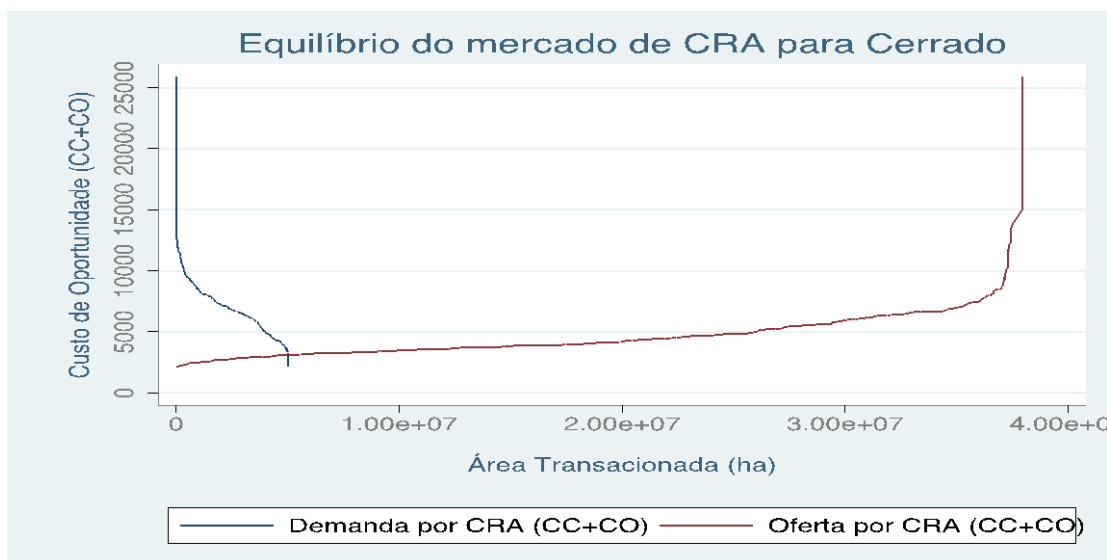


Fonte: Elaboração própria

O Cerrado também seria quase que inteiramente atendido pelo mercado de CRA; mais de 99% do déficit de RL pode ser compensado via aquisição de Cotas de

Reserva Ambiental, resultando em um preço médio por CRA de R\$ 3.080. Embora o Cerrado possua um déficit de RL elevado (5,02 milhões de hectares), seu ativo florestal supera em 7 vezes essa área. Ademais, há uma grande heterogeneidade dos custos de oportunidade nesse bioma, abrindo espaço para que as regiões de produção intensiva em grãos para a exportação (parcela central do Cerrado) compense seu passivo em áreas de baixa rentabilidade da terra (região norte do Cerrado). Ou seja, o estabelecimento de um mercado de CRA restrito apenas por bioma implicaria, no caso do Cerrado, em um arranjo espacial onde as principais áreas de agropecuária ficariam deficitárias, mas teriam seu passivo coberto pelos ativos ambientais nas regiões de menor vocação para a produção agropecuária.

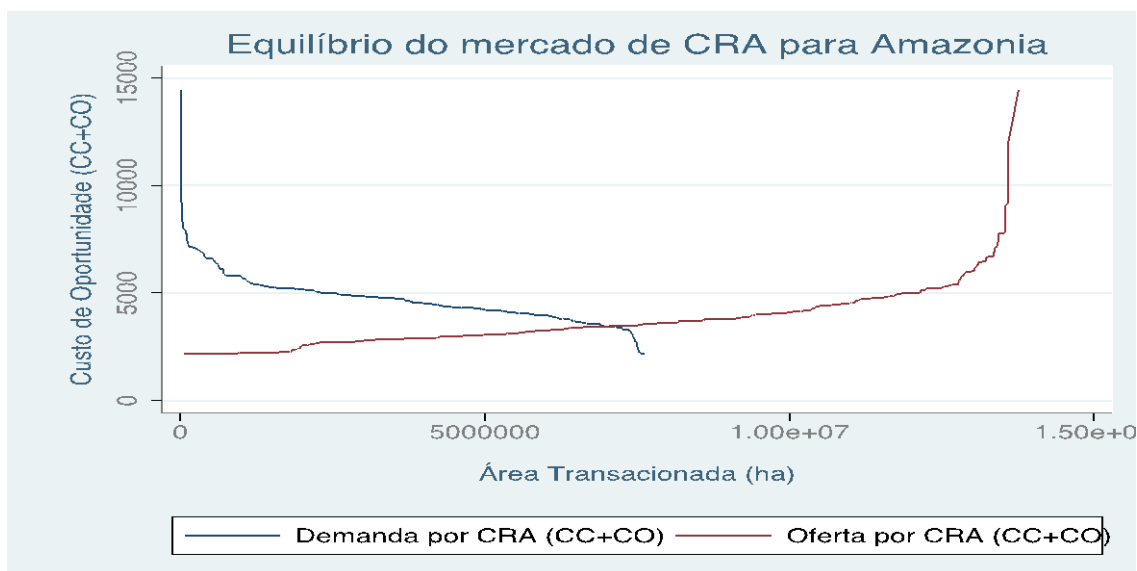
Gráfico 3. Mercado estimado de CRA para o Cerrado



Fonte: Elaboração própria

Para o caso da Amazônia, a compensação via CRA atingiria 91,8% do valor do déficit de RL, resultando em um preço médio de R\$ 3.453 por hectare transacionado (Gráfico 4). Chama atenção que este valor exceder o preço médio por CRA de Cerrado, apesar da grande extensão de florestas nativas na Amazônia. Existem duas razões principais para explicar isso. Em primeiro lugar, existe uma grande diferença no requisito mínimo de RL para o bioma Amazônia, que é de 80% da área da propriedade rural. A segunda razão é que boa parte das áreas de floresta nesse bioma encontra-se em áreas protegidas, Unidades de Conservação e Terras Indígenas, que, a princípio, não são passíveis de gerar cotas de reserva ambiental (embora esse assunto seja polêmico e existam algumas propostas para tal).

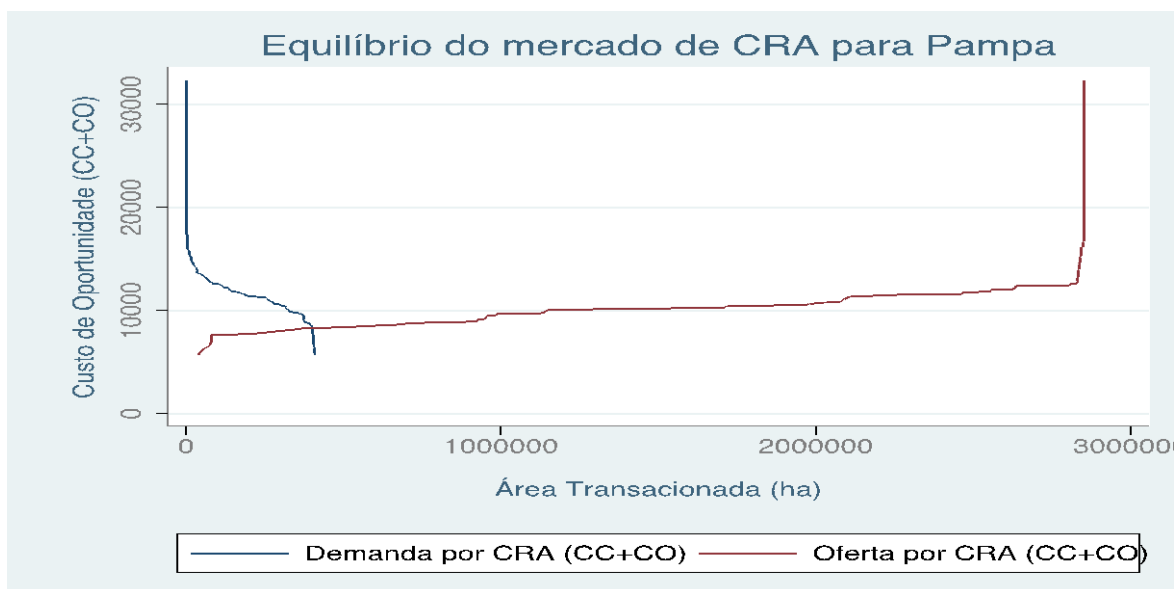
Gráfico 4. Mercado estimado de CRA para Amazônia



Fonte: Elaboração própria

No caso do Pampa, estima-se que cerca de 98% do déficit de RL seria compensado via aquisição das Cotas de Reserva Ambiental. Contudo, devido ao elevado custo de oportunidade desse bioma, o preço de equilíbrio aproxima-se bastante do estimado para a Mata Atlântica. A área total transacionada na forma de CRA atingiria 401,3 mil hectares, com um preço médio de R\$ 8.246 por título.

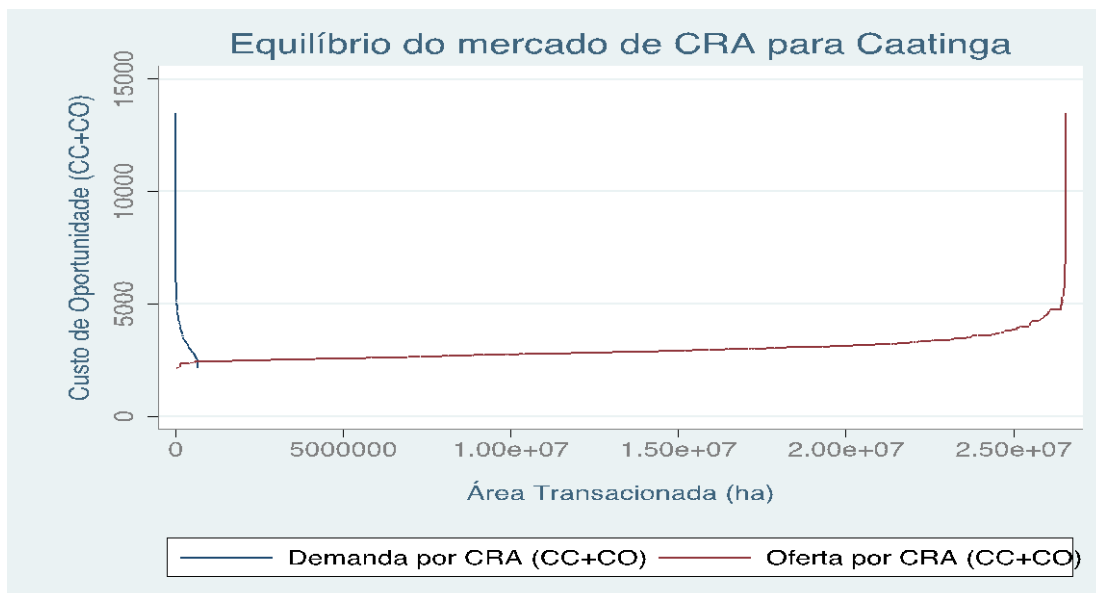
Gráfico 5. Mercado estimado de CRA para o Pampa



Fonte: Elaboração própria

O Mercado de CRA na Caatinga também seria bastante efetivo, atendendo a mais de 99% da área de déficit de RL nesse bioma. Neste caso seriam transacionados mais de 646,5 mil CRAs, a um preço médio de R\$ 2.450 por hectare compensado (Gráfico 6).

Gráfico 6. Mercado estimado de CRA para o Caatinga



Fonte: Elaboração própria

Comparando as condições de equilíbrio de mercado nos seis biomas brasileiros, nota-se que as áreas de Caatinga e Cerrado se apresentam hoje como as mais baratas para a aquisição de CRA. Em contraste, na Mata Atlântica e, secundariamente, Isto significa que, na eventualidade de um mercado nacional de Cota de Reserva Ambiental, esses dois biomas despontariam como áreas de maior interesse aos proprietários com déficit de RL. Este resultado se contrapõe à ideia de que a estruturação de um mercado nacional de CRA seria de grande interesse para a Amazônia, em que pese o fato do ativo florestal na Caatinga e Cerrado ser mais do que suficiente para compensar a totalidade do déficit de RL do país.

3.1. Custos e Benefícios da compensação via CRA

Estima-se que a estruturação de um mercado de CRA por bioma movimentaria mais de R\$ 63,9 bilhões no país (Tabela 2). Este seria o custo de adequação incorrido pelos proprietários na compra de CRAs com vistas a compensarem seus déficits de RL. Todavia, apenas 15,3 milhões de hectares (81,2% do total) das áreas de déficit seriam compensados no mercado de CRA, cabendo ao restante da área a recuperação dentro da própria propriedade.

Tabela 2. Estimativa dos valores transacionados em CRA por bioma

Cenário	Valor Transacionado	Área Compensada com CRA (em hectare)
Amazônia	R\$24.160.399.948	6.997.195
Caatinga	R\$1.583.728.786	646.553
Cerrado	R\$15.452.608.327	5.017.164
Mata Atlântica	R\$19.086.305.842	2.180.080
Pampa	R\$3.309.723.928	401.389
Pantanal	R\$326.435.066	90.653
Brasil	R\$63.919.201.897	15.333.034

Fonte: Elaboração própria

Os benefícios ambientais associados ao volume de área transacionada na forma de CRA seriam expressivos. Tomando como referência as estimativas de densidade de carbono do SISGEMA, utilizando a metodologia proposta em Young *et al.* (2016), projeta-se que o mercado de CRA contribuiria para evitar a emissão de 5,8 GtCO_{2e}, ao passo que evitaria a erosão do solo em mais de 3,6 bilhões de toneladas (Tabela 3).

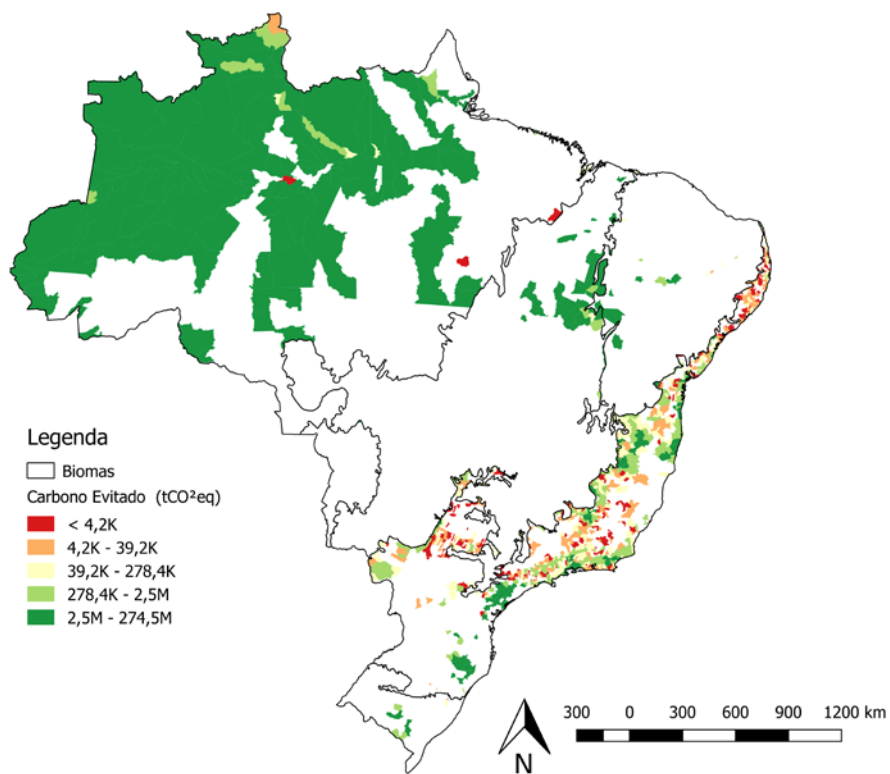
Tabela 3. Benefícios ambientais associados ao mercado de CRA em 15 anos –
(em toneladas de CO_{2e})

Bioma	Emissão de CO _{2e} evitada	Erosão do solo evitada
Amazônia	3.941.532.514	1.690.467.425
Caatinga	115.341.668	61.052.394
Cerrado	1.132.357.623	606.502.698
Mata Atlântica	626.620.248	1.155.488.235
Pampa	24.188.607	31.659.313
Pantanal	10.260.687	18.183.585
Brasil	5.850.301.347	3.563.353.649

Fonte: Elaboração própria

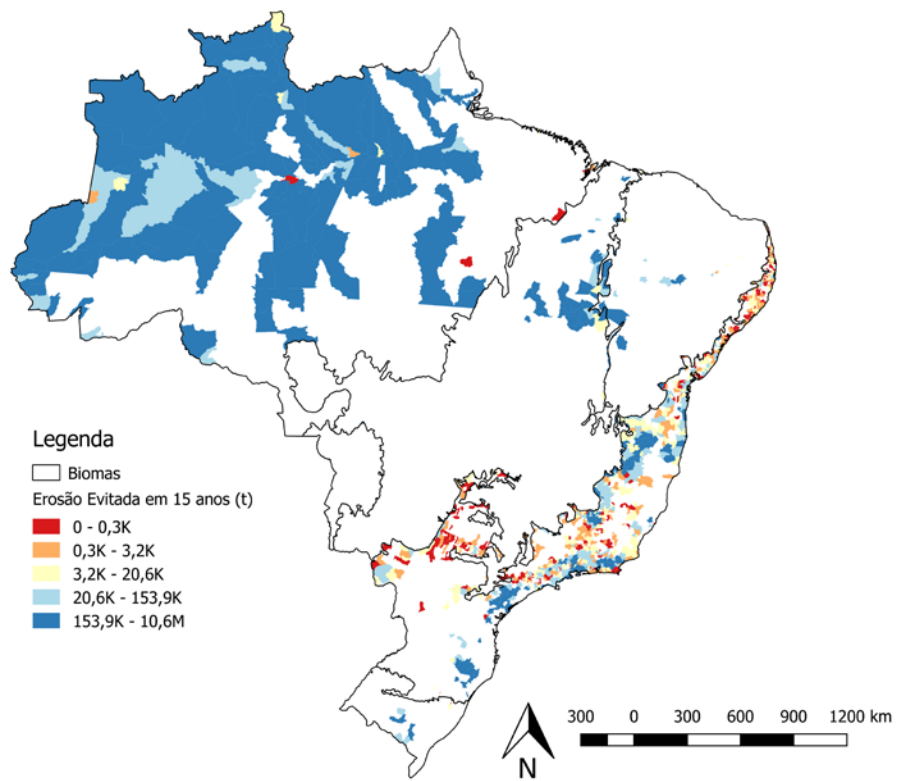
Os Mapas 4 e 5 revelam onde os benefícios em termos de emissão de carbono e erosão do solo evitadas, respectivamente, ocorreriam. Os mapas também revelam a direção dos fluxos financeiros referentes à aquisição de CRAs: as áreas coloridas indicam os municípios que tenderiam a concentrar as áreas onde haveria superávits florestais (excedentes sobre o mínimo legal de RL). Nota-se que essas áreas estão localizadas em partes mais remotas, onde os custos de transporte são mais altos, ou onde a vocação agropecuária é menor, por questões de relevo, clima ou outros fatores geográficos.

Mapa 4. Distribuição espacial das emissões de carbono evitadas com a transação de CRAs



Fonte: Elaboração própria

Mapa 5. Distribuição espacial da erosão de solo evitada com a transação de CRAs



Fonte: Elaboração própria

4. Custos e benefícios associados à recuperação (*in loco*) das áreas de déficit de Reserva Legal

Na seção anterior, estimou-se um mercado de CRA no valor de R\$ 63,9 bilhões e de extensão de 15,33 milhões de hectares. Nesta seção, são estimados os custos e benefícios envolvidos caso não haja possibilidade de compensação por CRA, e a área de déficit de RL deva ser integralmente recuperada dentro da própria propriedade (lembrando, mais uma vez, que no caso específico deste modelo, as propriedades são tratadas de forma homogênea dentro do bioma/município onde estão localizadas).

Dentre os custos dessa estratégia considerou-se o custo de cercamento da área (incluindo as despesas com insumos, mão de obra, transporte e administração do projeto) e o custo de oportunidade da terra.³

Para fins de comparação, assumiu-se que a área a ser recuperada ficaria indisponível por 15 anos (tempo de duração do título de CRA assumido na seção anterior). Desta forma, tomou-se o valor presente do custo de oportunidade da terra ao longo desse período, descontando-o a uma taxa de 6% ao ano.

³ A metodologia de cálculo dos custos de oportunidade da terra e de cercamento é apresentada nos apêndices 2 e 3.

Sob estas circunstâncias, os resultados apontam que o custo de recuperação dos mesmos 15,33 milhões de hectares superaria R\$ 99,7 bilhões. Este valor é 56,1% maior do que aquele estimado para o mercado de CRA com restrição por bioma. A diferença entre os dois valores expressa aquilo que seria apropriado sob a forma de excedente do produtor e consumidor das Cotas de Reserva Ambiental.

É comum que grupos ambientalistas com posição mais radical contra instrumentos econômicos argumentem que a flexibilização no atendimento das normas ambientais pelo mercado de cotas de reserva ambiental acabaria induzindo à piora das condições ambientais. Contudo, ao menos segundo os serviços ambientais considerados neste modelo (emissões ou captura de CO₂ e erosão evitada), os benefícios associados a essa política não justificam o acréscimo nos custos que ela ocasionaria, uma vez que seriam menores do que àqueles obtidos com as transações no mercado de CRA.

A Tabela 4 mostra que a recuperação da área de déficit resultaria na captura de 4,3 GtCO₂e, e evitaria erosão do solo em cerca de 2,7 bilhões de toneladas ao longo dos 15 anos analisados.

Tabela 4. Benefícios ambientais da recuperação de 15,33 milhões de hectares de déficit de Reserva Legal

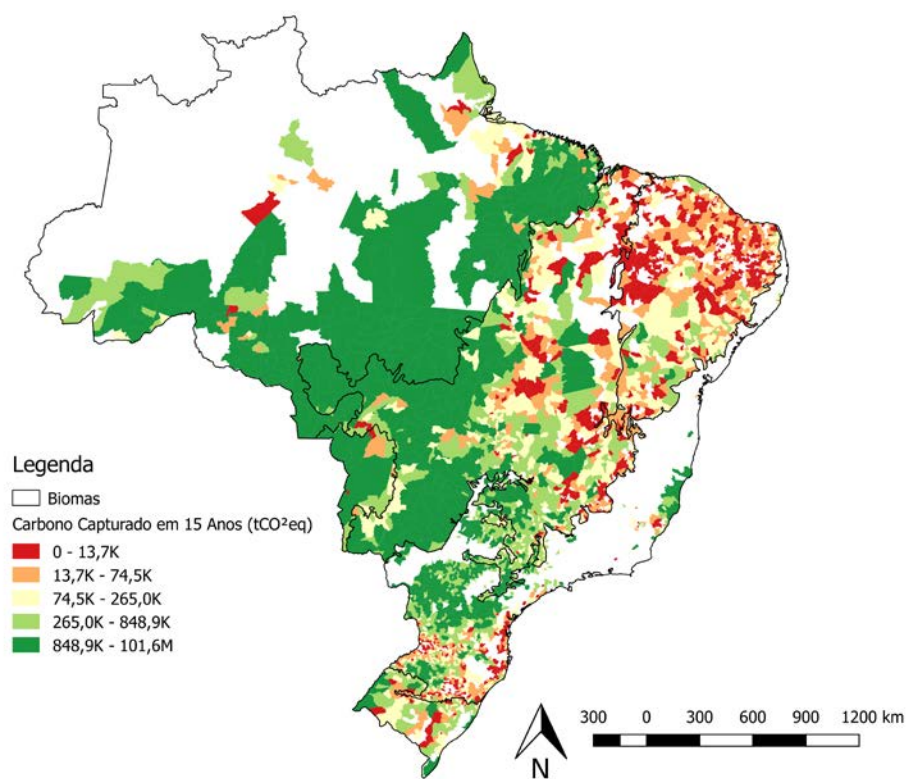
Bioma	Carbono capturado (tCO ₂ e)	Erosão do solo evitada (em tonelada)
Amazônia	2.782.434.542	1.602.306.299
Caatinga	62.230.702	53.578.700
Cerrado	725.732.718	520.945.763
Mata Atlântica	709.834.182	478.325.579
Pampa	33.114.615	21.893.031
Pantanal	13.112.909	9.920.998
Brasil	4.326.459.668	2.686.970.369

Fonte: Elaboração própria

Pela análise dos Mapas 6 e 7, é possível notar que os benefícios dessa estratégia seriam muito menos concentrados espacialmente, haja vista que os déficits de RL seriam recuperados dentro da própria propriedade. Esse resultado explica, em boa parte, a razão dos céticos em relação ao Mercado de CRA se oporem a esse mecanismo, sob o argumento de que a conservação dos serviços ambientais, especialmente biodiversidade, seria muito concentrada caso se permita compensar a RL fora da propriedade. Como no presente estudo não foi avaliado o

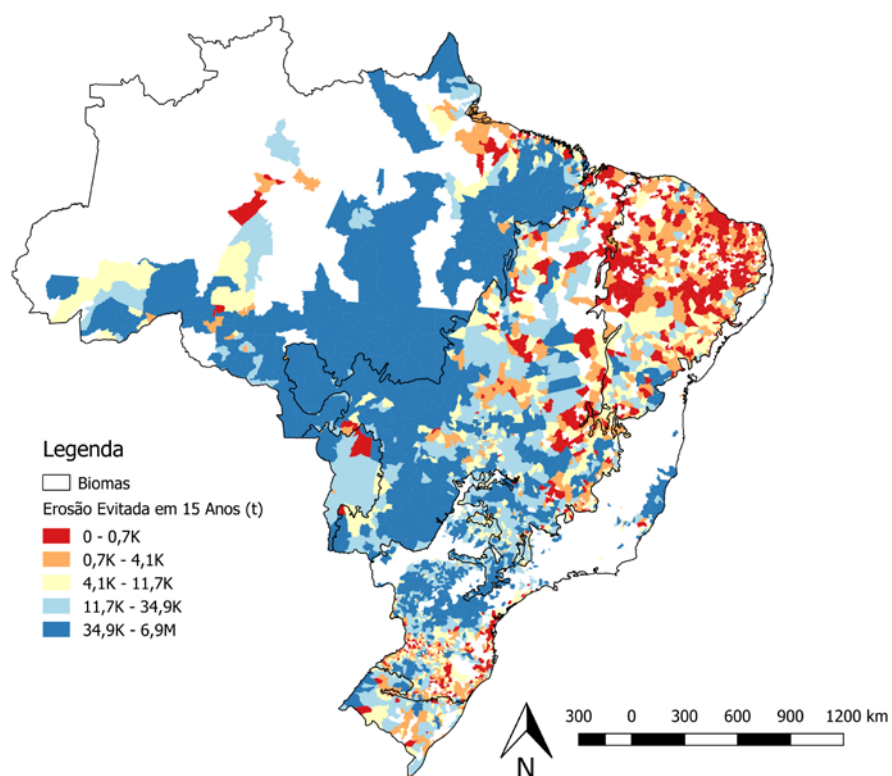
impacto sobre a biodiversidade, não se pode contestar a crítica nesses termos. Estudos específicos sobre os potenciais impactos de um mercado de CRA sobre a conservação da biodiversidade são necessários para examinar essa questão, considerando aspectos como endemismo, fragmentação e efeito de borda.

Mapa 6. Carbono capturado pela recuperação das áreas de déficit 15,33 milhões de hectares de Reserva Legal



Fonte: Elaboração própria

Mapa 7. Erosão do solo evitada pela recuperação das áreas de déficit 15,33 milhões de hectares de Reserva Legal



Fonte: Elaboração própria

5. Custos e benefícios associados a um mercado nacional de CRA

Esta seção apresenta um exercício de simulação de mercado de Cota de Reserva Ambiental onde a restrição de negociação por bioma seria desconsiderada. Embora este cenário não esteja previsto na Lei, há uma pressão grande do setor ruralista para que esta seja a opção empregada. A razão recai, sobretudo, na percepção de que um mercado nacional para a transação de CRA seria capaz de reduzir os custos de adequação aos requisitos mínimos de Reserva Legal. Soma-se, ainda, o argumento de que a Amazônia drenaria recursos de áreas mais caras à conservação, como aquelas localizadas na Mata Atlântica, Pampa e na parcela central do Cerrado, sendo, portanto, benéfico à conservação nesse bioma.

Aplicando a mesma metodologia empregada na seção 3 do estudo, chega-se a um valor total para o mercado de CRA de R\$ 52,6 bilhões, referentes a uma área de 18,6 milhões de hectares (Tabela 5). Nota-se que, ao retirar a obrigatoriedade de que o título de CRA seja comprado no mesmo bioma de ocorrência do déficit de RL, o valor total transacionado é reduzido, enquanto a área compensada aumenta. Isto ocorre porque cria-se assim a possibilidade de compensação de áreas de alto custo de oportunidade da terra (Mata Atlântica, Pampa) em áreas de baixo custo de oportunidade, como no caso da Caatinga.

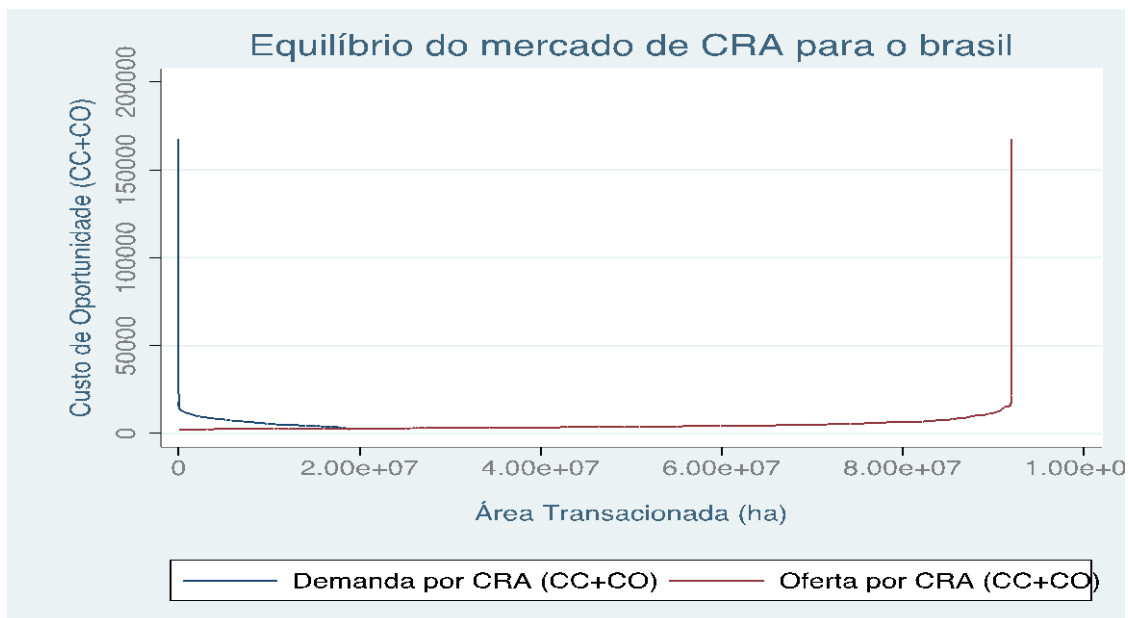
Tabela 5. Área compensada e vendida de CRA e valor das transações por bioma

Bioma	Área compensada com CRA (ha)	Valor de Demanda	Área Vendida de CRA (ha)	Valor de Oferta
Amazônia	7.461.820	R\$ 21.163.755.520	3.139.891	R\$ 8.905.585.664
Caatinga	510.196	R\$ 1.447.054.080	12.811.981	R\$ 36.338.270.208
Cerrado	5.019.854	R\$ 14.237.675.520	2.575.162	R\$ 7.303.860.736
Mata Atlântica	5.073.662	R\$ 14.390.287.360	130	R\$ 369.024
Pampa	409.801	R\$ 1.162.306.176	-	-
Pantanal	90.653	R\$ 257.115.680	-	-
Brasil	18.565.985	R\$ 52.658.194.336	18.527.163	R\$ 52.548.085.632

Fonte: Elaboração própria

Em outros termos, um mercado nacional de CRA aumentaria a demanda por compensação por apresentar um preço médio por título mais baixo, de R\$ 2.836,27/ha, contra o preço médio de R\$ 5.968,37/ha, referente a um mercado estruturado por bioma (Gráfico 7).

Gráfico 7. Mercado estimado de CRA para o Brasil



Fonte: Elaboração própria

Ainda mais importante do que os valores monetários e quantidades transacionados *per se* são as direções assumidas pelo fluxo financeiro provenientes da compra e venda de CRAs. Há uma demanda total por compensação no país no valor de R\$ 52,6 bilhões.⁴ Analisando as transações estimadas para os biomas brasileiros, nota-se que, com exceção da Caatinga, o valor da demanda por CRAs para compensação dos déficits de RL excede o valor da oferta (aquilo que seria comprado em títulos no bioma). Isto significa que, grosso modo, em um cenário

⁴ O valor de demanda e de oferta são diferentes pois essas funções são descontínuas.

nacional todos os biomas teriam recursos vazados para a Caatinga com vistas à aquisição de CRA.

A quantidade de CRAs que seriam comprados dentro do bioma Amazônia representaria cerca de 42% da área de déficit de RL do bioma, e para o Cerrado esse valor seria de 51%. Já para Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, a previsão de compras de CRAs dentro desses biomas seria ínfima.

Dessa forma, em um cenário onde o mercado de CRA fosse organizado nacionalmente, quase toda a compensação ocorreria fora dos biomas Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, cujas áreas onde hoje se localizam potenciais ativos florestais provavelmente seriam desmatadas para conversão em uso agropecuário, em função do seu custo de oportunidade superior aos de áreas mais baratas de Cerrado, Caatinga e Amazônia. Isso causaria um desequilíbrio ainda maior na distribuição espacial de florestas nativas no Brasil porque, a eliminação da restrição de transação por bioma reduziria em demasia o preço médio do título de CRA, fazendo com que muitos proprietários deixem de julgar vantajoso ofertar parte de suas terras para a compensação de terceiros, liberando essa área para utilização na atividade agropecuária.

Em relação aos benefícios ambientais associados, estima-se que a estruturação de um mercado nacional de CRA responda pela conservação de mais de 3,7 GtCO₂e. Isto é, embora a área compensada seja maior nesse caso, o volume de carbono conservado é cerca de 58% menor, quando comparado ao mercado de CRA por bioma. A redução da quantidade de carbono florestal que seria conservada é explicada pela transferência da compensação de áreas com grande densidade de

carbono por hectare, como Amazônia e Mata Atlântica, para a Caatinga e Cerrado, cuja densidade tende a ser consideravelmente mais baixa.

Já em termos da perda de solo, estima-se que um mercado nacional de CRA responda pela erosão evitada de 2,1 bilhões de toneladas, contra 3,6 bilhões de toneladas que seriam conservados no caso de um mercado por bioma (Tabela 6). Novamente, destaca-se a associação de uma maior área compensada com um benefício menor. Muito se deve à escassez de títulos de CRA que seriam comprados na Mata Atlântica, haja vista que este bioma concentra as áreas mais suscetíveis a erosão (YOUNG *et al.*, 2016).

Tabela 6. Benefícios ambientais por bioma para um mercado nacional de Cotas de Reserva Ambiental

Cenário	Emissão evitada de carbono com CRA (tCO ₂ e)	Erosão evitada com CRA (Toneladas)
Amazônia	1.760.130.934	741.558.256
Caatinga	1.312.260.150	1.099.254.670
Cerrado	628.972.599	256.102.198
Mata Atlântica	54.713	14.982
Pampa	0	0
Pantanal	0	0
Brasil	3.701.418.397	2.096.930.106

Fonte: Elaboração própria

Por fim, é importante ressaltar que os benefícios ambientais que seriam gerados por um mercado nacional de CRA são inferiores àqueles estimados para um cenário onde todo o déficit de RL seria recuperado, embora esta primeira opção apresente custos significativamente menores. No primeiro caso, o total de carbono conservado/capturado somaria 3,8 GtCO₂e.⁵ Com a recuperação integral do déficit de RL seriam capturados mais de 5,5GtCO₂e. Em termos de erosão evitada, os benefícios associados ao mercado de CRA nacional também seriam inferiores, estimados em 2,1 bilhões de toneladas, contra 4,3 bilhões de toneladas da recuperação *in loco*.

⁵ Neste ponto, é considerada, também, captura de 0,78 GtCO₂e referentes à recuperação dos 252 mil hectares de déficit de RL restantes, que não seriam compensados pela aquisição de CRA em um mercado nacional.

6. Comparação das estratégias de adequação aos requisitos mínimos de RL

Um dos interesses expressos na elaboração de um mercado de CRA é auxiliar os proprietários a regulamentarem a situação de suas terras no que diz respeito aos requisitos mínimos de RL. Mais além, destaca-se que a eliminação dos déficits de RL legal do país responderia pela conservação e, ou, restauração de serviços ecossistêmicos importantes, como a proteção do solo e a ciclagem de carbono.

A estratégia a ser adotada deve prezar:

- (i) pela minimização dos custos, por não se tratar *per se* uma punição aos proprietários infratores, mas sim de um meio de adequação àquilo que determina a lei;
- (ii) pela maximização dos benefícios (ambientais), em virtude de seus efeitos sobre o bem-estar coletivo.

Nesta seção são analisados os custos e benefícios de se zerar o déficit de RL do país, considerando dois cenários alternativos:

Cenário 1. Compensação pela aquisição de CRA, com restrição de bioma, e recuperação do déficit restante

Cenário 2. Recuperação integral da área de déficit de RL

Como visto anteriormente, a estimativa é de que um mercado de CRA em operação possa responder pela compensação de 15,3 milhões de hectares (81,2%)

do déficit de RL. Assumindo que o restante do déficit, aproximadamente 3,4 milhões de hectares, seria recuperado dentro da própria propriedade, o custo total dos proprietários de terra com a adequação aos requisitos mínimos de RL superaria R\$ 85,5 bilhões, no primeiro cenário (Tabela 7).

Tabela 7. Custo de zerar o déficit de Reserva Legal – Cenário 1

Bioma	Valor de CRA transacionado*	Custo de Recuperação**	Total
Amazônia	R\$ 24.160.399.948	R\$ 1.923.263.906	R\$ 26.083.663.854
Caatinga	R\$ 1.583.728.786	R\$ 8.951.306	R\$ 1.592.680.091
Cerrado	R\$ 15.452.608.327	R\$ 13.789.817	R\$ 15.466.398.144
Mata Atlântica	R\$ 19.086.305.842	R\$ 19.622.094.739	R\$ 38.708.400.581
Pampa	R\$ 3.309.723.928	R\$ 55.835.413	R\$ 3.365.559.340
Pantanal	R\$ 326.435.066	R\$ 0	R\$ 326.435.066
Brasil	R\$ 63.919.201.897	R\$ 21.623.935.180	R\$ 85.543.137.077

Fonte: Elaboração própria

* Referente a uma área de 15,33 milhões de hectares

** Referente a uma área de 3,38 milhões de hectares

Estima-se que os benefícios em termos de carbono conservado e capturado sejam da ordem de 7 GtCO₂e, dos quais grande parte adviria dos biomas Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado (Tabela 8). Nota-se que, no caso da Mata Atlântica, o carbono capturado com a recuperação excede o carbono conservado na área transacionada com CRA. Isto se deve a estimativa de um baixo volume de transações de títulos de CRA nesse bioma, que por sua vez encontra justificativa na combinação de dois fatores: (i) alto custo de oportunidade da terra; (ii) insuficiência de ativo florestal, o que resulta em preços mais elevados por título de CRA transacionado, conforme apresentado no Mapa 3.

Tabela 8. Estimativa de carbono conservado e capturado na eliminação do déficit de RL (em tCO₂e) – Cenário 1

Bioma	Emissão evitada de carbono pela aquisição de CRAs	Carbono capturado com recuperação da área não transacionada	Total
Amazônia	3.941.532.514	249.339.056	4.190.871.570
Caatinga	115.341.668	388.782	115.730.450
Cerrado	1.132.357.623	705.968	1.133.063.591
Mata Atlântica	626.620.248	942.218.213	1.568.838.461
Pampa	24.188.607	693.935	24.882.542
Pantanal	10.260.687	-	10.260.687

Brasil	5.850.301.347	1.193.345.954	7.043.647.301
--------	---------------	---------------	---------------

Fonte: Elaboração própria

Já a projeção total de perda de solo evitada é da ordem de 5,2 bilhões de toneladas ao longo de 15 anos (Tabela 9). Novamente, o benefício da recuperação das áreas de déficit restantes excede o benefício pela transação do CRA na Mata Atlântica. O resultado não surpreende, haja vista que apenas 42,8% do déficit de RL nesse bioma seriam solucionados através da compensação ambiental no mercado de CRA.

Tabela 9. Estimativa de perda de solo evitada na eliminação do déficit de RL, Cenário 1

Bioma	Erosão evitada pela aquisição CRA	Erosão evitada com recuperação da área não transacionada	Total
Amazônia	1.690.467.425	221.518.167	1.911.985.592
Caatinga	61.052.394	164.882	61.217.276
Cerrado	606.502.698	493.433	606.996.131
Mata	1.155.488.235	1.440.990.099	2.596.478.334

Atlântica			
Pampa	31.659.313	426.317	32.085.630
Pantanal	18.183.585	-	18.183.585
Brasil	3.563.353.649	1.663.592.898	5.226.946.548

Fonte: Elaboração própria segundo os dados de Young *et al.* 2016

Se, alternativamente, todo o déficit de RL fosse eliminado via recuperação florestal (não incluindo o replantio de mudas), os custos totais somariam R\$ 121,4 bilhões. Este valor é 41,9% maior do que aquele estimado para a estratégia anterior, onde grande parte do déficit de RL seria compensado pela aquisição de CRA. Convém ressaltar, que este cenário seria particularmente custoso no Cerrado, onde o diferencial de custos de adequação aos requisitos mínimos de RL seria de 125,5% (Tabela 8).

Tabela 10. Custo de recuperação do déficit de Reserva Legal por bioma, Cenário 2

Bioma	Custo de Recuperação
Amazônia	R\$ 35.723.329.367
Caatinga	R\$ 2.232.725.839
Cerrado	R\$ 34.874.947.830

Mata Atlântica	R\$ 43.396.957.110
Pampa	R\$ 4.699.272.756
Pantanal	R\$ 488.198.478
Brasil	R\$ 121.415.431.380

Fonte: Elaboração própria

Nota-se, pela Tabela 11, que os benefícios ambientais gerados pela recuperação integral da área de déficit seriam inferiores aos projetados para o Cenário 1. No segundo Cenário 2, a perda de solo evitada no país seria de 2,6 bilhões toneladas, o que equivale a 83,2% do valor encontrado para o cenário anterior. O impacto total sobre conservação e captura de carbono neste caso equivaleria a 78,4% do valor estimado para o Cenário 1.

Tabela 11. Benefícios ambientais da recuperação do déficit de Reserva Legal por bioma, Cenário 2

Bioma	Carbono capturado (tCO ₂ e)	Erosão do solo evitada (em tonelada)
Amazônia	2.782.434.542	1.602.306.299
Caatinga	62.230.702	53.578.700

Cerrado	725.732.718	520.945.763
Mata Atlântica	709.834.182	478.325.579
Pampa	33.114.615	21.893.031
Pantanal	13.112.909	9.920.998
Brasil	4.326.459.668	2.686.970.369

Fonte: Elaboração própria

Em suma, os resultados mostram que a flexibilização introduzida pelo Mercado de CRA, além de reduzir custos econômicos para a implementação da RL (o que aumenta a aceitabilidade política para a efetivação da legislação), também aumenta a conservação dos serviços ambientais considerados: captura de CO₂ e proteção do solo. Isso se dá possivelmente porque as áreas de ativos e passivos florestais dentro de cada bioma se distribuem de modo que as áreas já convertidas tendem a se localizar em relevo mais plano (logo, menos propenso à erosão) e de menor densidade de carbono do que nas áreas onde estão localizados os principais remanescentes florestais. Em outras palavras, tanto do ponto de vista econômico quanto dos serviços ambientais estudados, é mais importante evitar o desmatamento nos remanescentes florestais do que recuperar os passivos em áreas já desmatadas.

7. Conclusão

O presente trabalho se propôs a analisar os custos e benefícios potenciais do mercado de Cotas de Reserva Ambiental no país. Os resultados apontam que o volume de CRAs transacionados intra-bioma poderia chegar a R\$ 63,9 bilhões de reais, referentes a uma área de aproximadamente 15,33 milhões de hectares.

Caso esse cenário se confirmasse, as transações de títulos de CRA seriam efetivas para compensar cerca de 81,2% do déficit de Reserva Legal. Destaca-se o fato de que em todos os biomas, com exceção da Mata Atlântica, o percentual do déficit de RL compensados pela compra de CRA estaria acima dos 91%. Todavia, na Mata Atlântica, a escassez de ativos florestais combinada com um alto custo de oportunidade da terra resultariam em um elevado preço de equilíbrio (R\$ 8755,00) do título de CRA, fazendo com que em diversas áreas a recuperação seja a opção escolhida, em virtude dos menores custos envolvidos.

Os custos de recuperação florestal dessa mesma área (15,33 Mha) estariam próximo dos R\$ 99,8 bilhões, representando um acréscimo de 56,1% em relação ao custo de compensação pela aquisição de CRA. Ademais, destaca-se que os benefícios ambientais envolvidos seriam significativamente menores do que àqueles associados à compensação deste déficit via mercado de CRA. A recuperação dos 15,33 (Mha) responderia pela captura de 4,3 GtCO₂e e por uma erosão evitada de mais de 2,7 bilhões de toneladas de solo, ao passo que a compensação pelo aquisição de CRA resultaria em um total de 5,8 GtCO₂e conservados e em uma perda de solo evitada de 3,5 bilhões de toneladas ao longo dos 15 anos de vigência

do título. Deste modo, é possível concluir que a aquisição de CRA é uma política preferível à recuperação florestal das áreas de déficit, não apenas por apresentar custos menores, mas também por responder por benefícios potenciais muito superiores à esta.

Caso seja previsto um mercado nacional de CRA, onde uma cota de um bioma possa compensar o déficit em outro bioma, os custos seriam menores quando comparados à recuperação *in loco* e a um mercado de CRA por bioma. Todavia, os benefícios ecossistêmicos associados a essa estratégia seriam inferiores aos demais cenários analisados. Ainda mais relevante é o fato de que em um mercado nacional de CRA, grande parte do déficit seria compensada nas áreas de Caatinga e na parte do Cerrado de menor vocação agrícola. Enquanto esses biomas receberiam um grande influxo de recursos, Pantanal, Pampa e Mata Atlântica não venderiam praticamente nenhum título de CRA. Este cenário seria particularmente grave à Mata Atlântica, pois permitiria que quase a totalidade do seu déficit fosse compensada fora do bioma, de modo que: (i) o ativo florestal e os benefícios ambientais associados a essa área estariam desprotegidos no referido bioma; (ii) não sobraria espaço para a recuperação florestal, estratégia tão urgente à Mata Atlântica, em função de sua de escassez remanescentes florestais.

Por fim, a última seção do trabalho se ocupou em estimar os custos e benefícios em dois cenários de eliminação do déficit de RL: (i) com a presença de um mercado de CRA por bioma; (ii) na ausência de um mercado de CRA. Novamente, a relação custo/benefício sinaliza o mercado de compensação ambiental via CRA como uma estratégia preferível à recuperação das áreas de

déficit de RL. O significado desse resultado para a política ambiental é muito claro: tanto do ponto de vista econômico quanto dos serviços ambientais estudados, é mais importante evitar o desmatamento nos remanescentes florestais do que recuperar os passivos em áreas já desmatadas.

Referências Bibliográficas:

ALVARENGA, M. J. **Decisões sobre o uso da Terra em uma Economia Monetária da produção**: uma abordagem Pós-Keynesiana do Efeito Indireto sobre o Desmatamento na Amazônia Legal no período 2002-2010. Dissertação de Mestrado. Instituto de Economia da Universidade Federal Fluminense, 2014.

BRASIL (2012). **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

BRASIL (1965). **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Dispõe sobre o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém – PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA -EPAGRI/SC. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

GARCIA, Leticia Couto et al. Restoration challenges and opportunities for increasing landscape connectivity under the new Brazilian Forest Act. **Natureza & Conservação**. This issue, 2013.

INFORMA ECONOMICS - FNP. **Anuário da Agricultura Brasileira – Agrianual**, 2014.

INFORMA ECONOMICS - FNP. **Anuário da Pecuária Brasileira – Anualpec**, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Agrícola da Pecuária – PAM**, 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

_____. **Produção Pecuária Municipal – PPM**, 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

_____. **Sistema de Contas Nacionais – SCN**, 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

_____. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS**, 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Quanto o Brasil precisa investir para recuperar 12 milhões de hectares de floresta ?**. Relatório Final. São Paulo, SP, 2016.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**. World Bank, World Bank Working Paper No. 22. Washington D.C., 2004.

MOTTA, D; da SILVA, W.F.; DINIZ, E.N.; **Rentabilidade na plantação do eucalipto**. VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.

PLASTER, Octávio Barbosa et al. **Comportamento de juntas coladas da madeira serrada de Eucalyptus sp**. Cerne, v. 14, n. 3, p. 251-258, 2008.

PRATTI, R.L. **Formação de Povoamentos Florestais com Utilização de Mudas Clonais**. Trabalho de conclusão de especialização em Gestão Florestal, UFPR, 2010.

QUEIROZ, J.M. **Custo de oportunidade da conservação e redução de emissão de carbono por desmatamento e degradação florestal (redd): um estudo de caso para a Amazônia brasileira**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ): monografia, 2008.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DO PARANÁ – SEAB/PR. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso em: 5 de janeiro de 2016.

SILVA, B.C CAVALCANTE, N.L.G.; de ARAÚJO, L.C. **Recuperação da área de preservação permanente do campus de ciências agrárias e ambientais-FACTO**. Palmas-TO., 2011.

SOARES-FILHO, B. S. **Impacto da revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante?**. Report. Secretaria de Assuntos Estratégicos, Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Artigo-codigo-florestal.pdf>. Acesso em: 5 de janeiro de 2016.

SOARES-FILHO, B.S. **Modelagem de utilização de Cotas de Reserva Ambiental (CRA)**. Relatório de pesquisa. Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/UFMG. Belo Horizonte, 2015.

SOARES-FILHO, B. S. *et al.* **Cenários para a pecuária de corte na Amazônia**. Belo Horizonte, ed. IGC/UFMG, 2015.

YOUNG, C. E. F., *et al.* **Rentabilidade da pecuária e custo de oportunidade privado da conservação no estado do Amazonas. VII**. Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Fortaleza, Brasil, 2007.

YOUNG, C. E. F. (coord.). **Estudos e produção de subsídios técnicos para a construção de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços**. Relatório Final. Instituto de Economia, UFRJ, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 93, 2016.

Apêndice 1. Metodologias de estimação do Custo de Oportunidade da Terra

A construção das curvas de demanda e oferta por Cotas de Reserva Ambiental (CRA) repousam sobre os conceitos de disposição a pagar e disposição a aceitar dos agentes envolvidos no mercado.

Na perspectiva do vendedor, a CRA imobiliza o uso da terra pelo período de vigência do contrato. Isto é, uma vez transacionada a cota, outros usos alternativos tornam-se indisponíveis, tal qual seu emprego na produção agropecuária. Há, nesse sentido, um custo de oportunidade de se ofertar CRA, que é dado pelo valor que se poderia obter pelo emprego da terra na produção agropecuária, mas que se sacrifica com vistas a se conservar a área florestada da propriedade para transação dessas cotas no mercado.

Na perspectiva do comprador, há também um custo de oportunidade associado, visto que recuperar parte da sua propriedade em desalinho com as determinações do Novo Código Florestal (NCF) implica em perder a renda esperada pelo o uso alternativo da terra.

O custo de oportunidade da terra, posto para ambos os agentes, consiste no primeiro parâmetro para o cálculo dos valores transacionados no mercado de CRA. Desta forma, estimar esses valores passa necessariamente pela estimação dos custos de oportunidade da terra.

O presente trabalho utiliza os valores estimados por Young *et. al* (2016) na construção do SISGEMA. São empregadas três metodologias alternativas de estimação desses custos de oportunidade, cada uma delas apresentando vantagens e limitações próprias. O exercício tem por base o ano de 2013, o mais recente para o qual foi possível encontrar as informações necessárias para a construção dos modelos, e os dados estão expressos em nível municipal.

I. Modelo de Custo de Oportunidade da Terra baseada na estimação do Lucro agropecuário.

Neste primeiro modelo, o custo de oportunidade da terra foi calculado por meio da estimação do lucro anual médio das atividades agropecuárias (agricultura, pecuária e silvicultura) em cada um dos 5570 municípios brasileiros. Seu valor expressa a média dos lucros em cada dessas atividades, ponderada pela área que ocupam em um dado município, vide equação 1.

$$\Pi_m = \sum_{t=1}^3 \frac{\pi_m^i}{A_m^i} \quad (1)$$

O termo do lado esquerda da igualdade (Π_m) expressa o lucro anual médio da agropecuária no município m , sendo o seu valor o resultado do somatório do lucro da atividade i no município m (π_m^i), ponderada pela área ocupada pela atividade i no município m (A_m^i).

A metodologia de estimativa do lucro médio de cada uma das i atividades (pecuária, agricultura e silvicultura) apresenta uma série de particularidades em função dos dados disponíveis.

O lucro da agricultura foi estimado a partir da equação 2, onde π_m^L refere-se ao lucro anual médio por hectare de lavoura no município m . Seu valor reflete o somatório dos valores de produção por hectare/ano (VP_m^c) das c culturas presentes no município m , multiplicados por uma fator de rentabilidade média (β) por hectare da agricultura e ponderados pela proporção da área que cada cultura ocupa (a_m^c) no total da área de lavoura do município (A_m^L).

$$\pi_m^L = \sum_c (\beta * VP_m^c) \frac{a_m^c}{A_m^L} \quad (2)$$

A tabela 12 apresenta uma síntese das variáveis, apresentando suas periodicidades, unidades de medida e fontes. As três primeiras variáveis da tabela foram obtidas junto a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), de autoria do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Para a margem de lucratividade, utilizou-se como *proxy* a razão entre o excedente operacional bruto e o valor adicionado pelo setor agropecuário, do Sistema de Contas Nacionais de 2011.

Tabela 12. Síntese das variáveis de interesse para a estimação do lucro (R\$/ha/ano) das áreas de lavoura

Variável	Notação	Abrangência	Unidade	Periodicidade	Fonte
Área Plantada	a_m^c	Municipal	hectare	anual	PAM (IBGE)
Área de Lavoura	A_m^L	Municipal	hectare	anual	PAM (IBGE)

Valor da Produção	VP_m^c	Municipal	R\$	anual	PAM (IBGE)
Margem de Lucro	β	Nacional			SCN (IBGE)

Fonte: Elaboração própria

Os lucros por hectare/ano da pecuária foram calculados a partir dos seguintes passos:

- (i) Levantamento da literatura correlata em busca de informações sobre a taxa de lotação (cabeça/hectare) para as unidades da federação e grandes regiões brasileiras, bem como sobre a taxa de lucro (R\$/Unidade Animal).
- (ii) Calculou-se a área de pastagem em um dado município ao dividir o seu efetivo bovino pela taxa de lotação do estado (ou região) onde esse município se localiza, assumindo que esta taxa é representativa ao conjunto de municípios que o integram.
- (iii) A taxa de lotação foi convertida de cabeças por hectare para unidade animal (450 kg de animal vivo) por hectare, por meio de uma matriz de conversão contendo o peso médio do animal por município.
- (iv) Multiplicou-se a taxa de lotação, agora expressa em unidade animal por hectare, pela rentabilidade média da pecuária encontrada em (i).

Tabela 13. Síntese das variáveis de interesse para a estimação do lucro (R\$/ha/ano) das áreas de pecuária

Variável	Notação	Abrangência	Unidade	Periodicidade	Fonte
Área de Pastagem	-	Municipal	Hectare	Anual	Estimada
Efetivo Bovino	-	Municipal	Cabeça	Anual	PPM (IBGE)
Taxa de Lotação	-	UF/Grandes Regiões	Cabeça/ha	Anual	Dias-Filho (2014), Soares-Filho <i>et al.</i> (2015) e Margulis (2004)
Margem de Lucro	-	UF/Grandes Regiões	R\$/UA	Anual	Anualpec (2014)

Fonte: Elaboração própria

Por fim, o lucro das áreas de silvicultura no município m (\mathbb{Y}_{mt}) foi estimado a partir da equação 3, onde α é uma margem de lucro (40%) sobre o valor bruto da produção (VP_m), e A_m é a área do município ocupada por floresta plantada.

$$\mathbb{Y}_{mt} = \alpha \cdot \frac{VP_m}{A_m} \quad (3)$$

A área municipal ocupada com silvicultura foi obtida através dos dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, que anualmente fornece informações sobre a área de floresta plantada por unidade da federação. Estas informações foram municipalizadas assumindo que a participação de cada município no total da área de floresta plantada permaneceu a mesma dentro do estado de pertencimento desde o último levantamento do Censo Agropecuário (2006). Desta forma foi possível elaborar uma série histórica para a silvicultura no nível municipal (2004-2012).

Tendo em vista que o horizonte temporal dos investimentos em floresta plantada envolve prazos mais longos, optou-se por assumir o custo de oportunidade da silvicultura (π_m^s) como uma média do lucro do setor no período 2004-2012 (vide equação 4). A partir de tal procedimento, espera-se suavizar eventuais discrepâncias resultantes de projetos em estágios distintos de maturidade.

$$\pi_m^s = \frac{\sum_{t=1}^9 \Pi_{mt}}{9} \quad (4)$$

Tabela 14. Síntese das variáveis de interesse para a estimação do lucro (R\$/ha/ano) das áreas de silvicultura

Variável	Notação	Abrangência	Unidade	Periodicidade	Fonte
Área de Silvicultura	A_m	Municipal/Estadual	hectare	anual	Estimada (Censo Agropecuário (2006); ABRAF)
Valor da Produção	VP_m	Municipal	R\$	anual	PEVS (IBGE)
Margem de Lucro	α	Brasil		anual	Motta et. al. (2010); Pratti (2010)

Fonte: Elaboração própria.

1.2. Modelo de Custo de Oportunidade baseada na estimação do Preço Observado da Terra

Neste modelo, ao invés do lucro das atividades agropecuárias, partiu-se do valor dos contratos de arrendamento da terra como proxy para o custo de oportunidade. No Brasil, a disponibilidade de dados sobre arrendamento no nível municipal é, ainda, bastante escassa; não havendo um levantamento sistemático dessas informações, e quando disponíveis, quase sempre são apresentadas desagregadas por microrregiões ou unidade da federação.

A alternativa encontrada foi partir dos preços observados de venda de terra para se chegar a um valor do arrendamento, tal qual posto na equação 5. Segundo esta equação, um ativo qualquer vale a perpetuidade dos seus fluxos de rendimentos trazidos para o valor presente:

$$p = \frac{q}{i} \quad (5)$$

Onde, p expressa o preço de mercado da terra, q é o fluxo de renda que oferecido por este ativo – no caso específico, o valor que seria obtido com o seu arrendamento – e i é a taxa de desconto, aqui assumida em 6% (valor próximo à taxa de juros real a qual o Governo Federal financia suas dívidas).

Os dados de preço da terra foram obtidos no anuário estatístico da pecuária brasileira, Anualpec (2014), e remetem às informações disponibilizadas por corretores imobiliários do ramo no tocante ao valor das propriedades vendidas em um dado ano. A principal vantagem de se utilizar essa base de dados é que seus valores sinalizam a real disposição a pagar e a receber dos agentes que transacionam no mercado de terras, não sendo fruto de estimação.

Como parte das informações contidas estão dispostas em nível microrregional, empreendeu-se o trabalho de municipalizar os dados recolhidos, seguindo a metodologia presente nos estudos de Young *et al.* (2007), Queiroz (2008), Alvarenga (2014) e Young *et al.* (2016).

Para os municípios com ausência de informações sobre o preço de terra agrícola, foi empregado o maior valor da terra observado naquela localidade. No caso de falta de informações sobre o preço de pastagem, empregou-se a média entre o preço da terra agrícola e o preço da mata. Analogamente, em situações onde o preço da mata era a informação indisponível, usou-se como substituto o menor preço dentre todos os tipos de terra catalogados no município. Nos casos extremos, onde não havia quaisquer informações sobre preço da terra em um dado município, foram assumidas as médias estaduais para as áreas de mata, de pastagem e terra agrícola.

Uma vez em posse de uma base municipal sobre o preço da terra, foi possível encontrar o valor do arrendamento por município brasileiro para cada um dos tipos de terra categorizados pela Anualpec. Posteriormente, chegou-se ao valor médio do arrendamento no nível municipal, a partir de uma média ponderada pela participação das áreas de mata, pastagem e terra agrícola presentes em cada um dos municípios brasileiros, informação divulgada pelo Censo Agropecuário de 2006.

1.3. Modelo de estimação do custo de oportunidade da terra baseado em modelo econométrico do preço da terra (Modelo COT – E)

Esta subseção apresenta a estimação do custo de oportunidade da terra por meio de uma regressão econométrica que tem o preço da terra como variável explicada. O exercício se apoia em informações para o valor da terra nua (VTN) nos estados do Paraná e Santa Catarina (Tabela 15), e busca estimar a sensibilidade desse valor a um conjunto de características observadas no município onde estas propriedades estão localizadas. A ideia é que uma vez obtidos os coeficientes da regressão, seus valores sejam replicados para as demais unidades da federação.

Tabela 15. Síntese das variáveis de interesse para a estimação do COT-E (R\$/ha/ano)

Variável	Notação	Abrangência	Unidade	Periodicidade	Fonte
Valor da Terra Nua (PR)	-	Municipal (PR)	R\$/hectare	anual	Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento (SEAB/PR)
Valor da Terra Nua (SC)	-	Municipal (SC)	R\$/hectare	anual	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/SC)

Fonte: Elaboração própria.

Para se obter uma extrapolação dos dados de SC e PR para o resto do país, estimou-se um modelo econométrico, sintetizado na equação 6, que leva em consideração um conjunto de variáveis de relevância para a formação do preço da terra.

$$\ln(\text{preço})_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

Compõem este conjunto de variáveis: o potencial agrícola médio, a altitude e declividade média da propriedade, a média e desvio-padrão da temperatura do período 2000-2013, a média e desvio-padrão da precipitação do período 2000-2013, o crédito rural em 2013, o número de tratores em 2013, a densidade de rodovias (km/km²), o custo de transporte até a capital mais próxima e custo de transporte até São Paulo.

Nota-se que são utilizadas variáveis as quais se atribuem alterações na rentabilidade da terra; dentre elas: variáveis de natureza geográfica, em vistas de seu impacto sobre a produtividade agrícola, variáveis relativas a intensidade do capital utilizado (credito agrícola e tratores), bem como variáveis relativas ao acesso à mercados (densidade da malha rodoviária, custo de transporte até a capital mais próxima e até São Paulo).

Através da extrapolação dos coeficientes da regressão para os demais municípios brasileiros chega-se a uma estimativa do preço da terra para essas localidades. Como a variável de interesse é o valor do arrendamento da terra, e não o seu preço de mercado, recorre-se, novamente, à equação 5, com a finalidade de se chegar a uma expressão para o custo de oportunidade da terra.

Apêndice 2. Metodologia de estimação do custo de cercamento

O custo de cercamento é também uma variável de extrema relevância aos fins propostos por este trabalho, haja vista que estes se fazem presentes tanto em um cenário de compensação do déficit de RL via mercado de CRA, quanto em um cenário onde seria priorizada a recuperação dessas áreas.

A ideia fundamental é de que as transações de Cotas de Reserva Ambiental, ou a recuperação da área, seriam efetuadas com o cercamento prévio, com vistas, respectivamente, a manutenção da porção de terra florestada ou a interrupção das atividades antrópicas naquela localidade a espera do processo de regeneração natural da vegetação.

A estimativa dos custos de recuperação seguem a metodologia desenvolvida por Young *et al.* (2016). Neste estudo são apresentadas diversas possibilidades para a recuperação florestal de uma área, indo desde o simples cercamento (opção adotada nesse trabalho), até a reintrodução de mudas por meio de um *mix* de espécies nativas e exóticas. Cada uma das opções disponibilizadas implicam em uma estrutura de custos distinta para o projeto de recuperação.

A estrutura dos custos de recuperação seguida por este trabalho reflete o produto entre o fator de linearidade da cerca (QCm) e somatório dos preços vezes as quantidades dos insumos e da mão de obra utilizados no projeto (Equação 7).

$$CC_k = [(\sum_{i=1}^n PI_i * QI_i) + PM_j * QM] * QCm \quad (7)$$

Onde:

- CC_k é o custo de cercamento no município k por hectare em recuperação
- PI_i é o preço estadual do insumo i
- QI são as quantidades dos insumos empregados no cercamento, por quilômetro linear
- PM_j é o preço da mão de obra no estado j
- QM é a quantidade de mão de obra empregada para o cercamento por quilômetro linear
- QC_m é um fator que mostra a quantidade de quilômetros lineares de cerca a empregar por cada hectare de área em recuperação

As informações sobre preços e quantidades de insumos utilizados nos projetos de recuperação foram obtidas na literatura correlata, com destaque para os estudos de Plaster *et al.* (2008), Cury & Carvalho Jr. (2011), Silva, Cavalcante & De Araújo (2011) e De Andrade (2012). Já o preço da mão de obra, este foi calculado com base no valor do rendimento médio mensal de homens de 15 ou mais anos de idade, na área rural, em nível estadual, segundo os dados do IBGE.

A estrutura de custos utilizada por este trabalho inclui, ainda, o custo de transporte de insumos até o local da recuperação, além dos custos de administração envolvidos em projetos dessa natureza. As despesas com transporte foram calculada através da aplicação de uma margem de 15% sobre o custo dos insumos. Já os custos de administração, estes refletem uma margem de 10% sobre o valor total do projeto de recuperação.

Por fim, as seguintes suposições foram necessárias para estimar os custos de cercamento por município:

- (i) A área de cercamento foi calculada como uma parte da área total de interesse para conservação. Para estimá-la, supôs-se que um hectare para conservação tem uma largura de 30 m e comprimento de 333 m, ou seja, são necessários 333 metros de cerca por hectare.
- (ii) Os valores de remuneração da mão de obra estaduais são válidos no nível municipal, e as quantidades de insumos empregadas são iguais em todo o território brasileiro.