

# DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA COTA DE RESERVA AMBIENTAL: APLICAÇÕES EM PROPRIEDADE TÍPICA DO NORTE DO PARANÁ

*Willingness to pay for environmental reserve quota (CRA):  
applications on typical farm in northern Paraná state/Brazil*

DOI: 10.48075/igepec.v26i2.28222

Victoria Bastos D'Araujo  
Lucilio Rogerio Aparecido Alves

## DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA COTA DE RESERVA AMBIENTAL: APLICAÇÕES EM PROPRIEDADE TÍPICA DO NORTE DO PARANÁ

*Willingness to pay for environmental reserve quota (CRA): applications on typical farm in northern Paraná state/Brazil*

Victoria Bastos D'Araujo  
Lucilio Rogerio Aparecido Alves

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi estimar a disposição a pagar pela unidade de Cota de Reserva Ambiental (CRA), a partir da rentabilidade histórica de uma propriedade típica da região de Londrina (PR), produtora de soja, milho e trigo. A partir das estruturas de custos e receitas para a propriedade, envolvendo os anos-safras 2007/08 a 2018/19, estimaram-se funções de distribuição para os itens de custos da fazenda e efetuou-se simulações estocásticas. Foram calculados o Custo Operacional Efetivo, Receita Bruta e Margem Bruta, visando a estruturação de um fluxo de caixa e os cálculos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR) para um projeto com vida útil de 10 anos com custos de oportunidades nulo, de 2,5% a.a. e de 5,0% a.a., em termos reais. Foi estimado um risco de liquidez 2,1%. A TIR do projeto foi calculada em 5,42%. O risco de rentabilidade foi calculado entre 26,83% (juro real nulo) e 52,15% (à taxa da TIR). Os cálculos mostraram um valor máximo de disposição a pagar pela unidade de CRA entre zero (à taxa da TIR) e R\$ 395,68 por hectare por ano (ao custo de oportunidade real nulo).

**Palavras-chave:** Reserva Legal. Compensação florestal. Simulação estocástica.

**Abstract:** *This study aimed to estimate the willingness to pay for the Environmental Reserve Quota (CRA) unit, based on the historical profitability of a typical property in the region of Londrina (PR), producer of soybean, corn and wheat. From the cost and revenue structures for the property, involving crop years 2007/08 to 2018/19, distribution functions were estimated for the farm's cost items and stochastic simulations were carried out. The Effective Operating Cost, Gross Revenue, and Gross Margin were calculated, in order to structure a cash flow and calculate the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) for a 10-year project with zero opportunity costs, and 2.5% p.a. and 5.0% p.a., in real terms. A liquidity risk of 2.1% was estimated. The project's IRR was calculated to be 5.42%. The profitability risk was calculated to be between 26.83% (with zero opportunity real cost) and 52.15% (at the IRR rate). The calculations showed a maximum willingness-to-pay for the CRA unit between zero (at IRR rate) and R\$ 395.68 per hectare per year (at zero real opportunity cost).*

**Keywords:** *Legal Reserve. Forest compensation. Stochastic simulation.*

**Resumen:** *El objetivo de este estudio fue estimar la disposición a pagar por la unidad de Cuota de Reserva Ambiental (CRA), a partir de la rentabilidad histórica de una finca típica de la región de Londrina (PR), productora de soja, maíz y trigo. A partir de las estructuras de costos e ingresos de la propiedad, que involucran los años de cosecha 2007/08 a 2018/19, se estimaron las funciones de distribución para los rubros de costos agrícolas y se realizaron simulaciones estocásticas. Se calculó el Coste Operativo Efectivo, el Ingreso Bruto y Margen Bruto, con el objetivo de estructurar un flujo de caja y los cálculos del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para un proyecto con una vida útil de 10 años con costes de oportunidad nulos, del 2,5% anual y del 5,0% anual, en términos reales. Se estimó un riesgo de liquidez del 2,1%. La TIR del proyecto se calculó en un 5,42%. Así, el riesgo de rentabilidad se calculó entre el 26,83% (interés real cero) y el 52,15% (a la tasa TIR). Los cálculos mostraron una disposición a pagar máxima para la unidad CRA entre cero (a la tasa TIR) y 395,68 reales por hectárea y año (a un coste de oportunidad real cero).*

**Palabras clave:** *Reserva legal. Compensación forestal. Simulación estocástica.*

## INTRODUÇÃO

Com uma extensão territorial de aproximadamente 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, em 2018 o Brasil possuía 63,3% de seu território coberto por vegetações florestal e campestre e área úmida, 22% destinado à agropecuária, 12,8% se caracterizava como um mosaico de ocupações em áreas florestal e campestre e 2% para outros usos (IBGE, 2020). O país ocupa o segundo lugar em extensão florestal no mundo, atrás apenas da Rússia (FAO, 2020), e está entre os principais exportadores mundiais de commodities, especialmente as alimentícias. Assim, o Brasil é reconhecido internacionalmente tanto por suas florestas quanto por sua agropecuária. Um dos desafios do Brasil é o de sustentar o desenvolvimento do agronegócio e preservar sua reserva florestal, a qual teve diminuição de 8,3% no período de 2000 a 2018 (IBGE, 2020).

Em esforços para conciliar as duas variáveis, o país conta com leis, como o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), para auxiliar na gestão de uso da terra. Do ponto de vista da produção agropecuária, o Código Florestal é fundamental, pois traz medidas relacionadas ao uso da terra em propriedades privadas, estabelecendo permissões e restrições. Institui, por exemplo, o dever de reservar uma parcela do imóvel para preservação de florestas, rios e encostas. Chamadas de Reserva Legal (RL) ou Área de Preservação Permanente (APP), estas áreas devem compor a parcela que cada propriedade deve reservar, podendo variar entre 20% e 80% da área total do imóvel rural, a depender do bioma em que está localizado.

Por se tratar de uma situação na qual a lei prevê medidas restritivas quanto ao uso da terra em propriedades privadas, é de se esperar que seu cumprimento seja de difícil alcance. Sendo assim, mecanismos foram criados para estimular a regularização ambiental de propriedades rurais, bem como para preservar as reservas florestais existentes dentro delas.

Dentre estes mecanismos está a Cota de Reserva Ambiental (CRA) (BRASIL, 2012), que funciona como alternativa à compensação florestal para propriedades rurais que tem percentual de área de reserva abaixo das exigências, assim como possibilita remuneração aos serviços florestais prestados por propriedades que conservam uma parcela maior do que a exigida por lei. Em outras palavras, o mecanismo permite que proprietários de terras em descumprimentos dos requisitos legais de conservação, com data de consolidação em julho de 2008, tenham possibilidade de “compensar” o déficit de suas reservas legais através da compra de cotas de propriedades com excedentes de vegetação natural (MAY et al., 2015).

Apesar de solução inovadora apresentada pelo mecanismo, as CRAs ainda carecem de estudos mais profundos quanto à sua viabilidade no mercado. Neste sentido, faz-se necessário entender qual o potencial de mercado para a CRA e as variáveis capazes de influenciar direta e indiretamente os processos de formação de preço envolvidos. Diante da diversidade de características de propriedades rurais, são importantes estudos objetivos e singulares, considerando as diferentes realidades encontradas em termos de área cultivada, características da produção, custos de insumos e serviços, entre outros.

A compensação exige o pagamento, por parte do produtor deficitário em termos de reserva. Assim, no processo de decisão para regularização ambiental, existem diferentes custos de oportunidade em relação à compra e venda de CRA. A valoração da disposição a pagar, portanto, passa a ser o desafio.

Segundo MAY et al. (2015, p. V),

“A lógica econômica por trás desse instrumento deriva de custos de oportunidade da terra com diferentes rentabilidades em diferentes usos do solo, tornando menos oneroso conservar ou restaurar florestas em áreas com rendimentos agrícolas mais baixos, enquanto mantêm a agricultura em áreas de valor agrícola mais alto. Permitir a compensação através da conservação em outros locais pode potencialmente possibilitar uma produção agrícola mais eficiente e menos fragmentada, bem como a conservação da floresta a menores custos e com menos fragmentação, em comparação com a exigência legal padrão em que cada propriedade tem que manter a vegetação até os limites legais com base nas especificidades desta mesma propriedade.”

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é estimar a disposição a pagar pela unidade de Cota de Reserva Ambiental (CRA), a partir da rentabilidade histórica de uma propriedade típica da região de Londrina (PR), produtora de soja, milho e trigo. O estado do Paraná apresenta o segundo maior valor bruto da produção no país (MAPA, 2021) e contém 56,5% de seus imóveis rurais declarados com requerimento de adesão para regularização ambiental (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2018). O déficit da Reserva Legal Florestal do estado do Paraná também foi apresentado por Padilha Junior (2004), já sugerindo a importância de estudos que avaliassem a disposição a pagar para a regularização. A região norte do estado é uma das mais deficitárias em termos de Reserva Legal.

Em seguida, serão apresentadas considerações sobre o código florestal brasileiro e sobre cota de reserva ambiental, neste caso com aspectos sobre potencial, preços e condições de mercado. Posteriormente, são apresentados os materiais e métodos e, então, os resultados e discussões. Por fim, são detalhadas as considerações finais.

## 2 – REVISÃO DE LITERATURA

A primeira versão do Código Florestal Brasileiro (CFB) foi publicada em 1965 (Lei no 4.771/65), com o objetivo inicial de proteger áreas de reservas florestais e para garantir o estoque de recursos madeireiros (BRASIL, 2012). No entanto, alterações em sua redação, incluindo-se as realizadas a partir de inúmeras medidas provisórias, acabaram por conferir à lei um caráter voltado ao amparo ambiental e não somente à proteção para fins produtivos (SPAROVEK et al., 2012). A última alteração foi em 2012, com a publicação da Lei nº12.651, que revogou o CFB de 1965 e instituiu o chamado novo CFB. Em seu Artigo 1º, a Lei

“... estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos” (BRASIL, 2012, Art. 1º).

Para Soares-Filho et al. (2014) o novo CFB veio para adequar a aplicação do Código Florestal Brasileiro à realidade econômica e ajustar aspectos da delimitação, por exemplo, da reserva legal (RL). Também instituiu o Cadastro Ambiental Rural (CAR), visando facilitar o monitoramento e regularização e reverter situação anterior, que permitia o não cumprimento da lei quanto à reserva ambiental (MAY et al., 2015). O CAR exige que todos os proprietários rurais cadastrem o tamanho da área, as coordenadas e a delimitação de áreas de preservação permanente (APP) e a RL de suas propriedades no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

Além da instituição do CAR, o novo CFB procurou facilitar o cumprimento da lei a partir de mecanismos que flexibilizam a regularização (MAY et al., 2015). De acordo com o Artigo 66 do novo CFB, os proprietários irregulares, ou seja, que

desmataram até a data de consolidação (22 de Julho de 2008) e tem propriedade maior do que quatro módulos fiscais, tem as seguintes alternativas para adequar suas áreas: I) recompor a Reserva Legal; II) permitir a regeneração natural da vegetação na área de Reserva Legal; e III) compensar a Reserva Legal (BRASIL, 2012). As alternativas podem ser adotadas isoladas ou conjuntamente.

Caso o proprietário decida por medidas compensatórias, a compensação pode ser realizada por:

“I - aquisição de Cota de Reserva Ambiental - CRA; II - arrendamento de área sob regime de servidão ambiental ou Reserva Legal; III doação ao poder público de área localizada no interior de Unidade de Conservação de domínio público pendente de regularização fundiária; ou, IV - 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, Art. 66, § 5º).

Dos mecanismos disponíveis, destaca-se para o presente estudo a medida compensatória I, referente à aquisição de Cota de Reserva Ambiental (CRA) instituída pelo Artigo 44 do novo CFB. A CRA é um título legal negociável de áreas com vegetação nativa intacta ou em estado de regeneração dentro de propriedades rurais e que ultrapassam os requisitos da RL (SOARES-FILHO et al., 2014). O novo CFB possibilita que proprietários de terras com déficit de RL comprem CRA de proprietários que possuem reservas excedentes, transferindo uma parcela dos benefícios que a conservação proporciona a quem os utiliza, para quem ajuda a disponibilizar estes recursos, incentivando por meios financeiros a atividade de conservação (PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2013; BRITO, 2017).

Apesar de instituída pelo novo CFB em 2012, a CRA somente foi regulamentada pelo Governo Federal em 2018 pelo Decreto nº 9.640 (BRASIL, 2018). A lei regulamentou as CRA como títulos equivalentes a áreas (em hectares) com cobertura natural que excedem à RL de uma propriedade e estabeleceu a emissão das CRAs como sendo de competência do Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Segundo o decreto, a CRA tem efeito somente uma vez, ou seja, compensa apenas uma área deficitária por vez, sendo garantido pelo registro da cota vinculada ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) do requerente e do ofertante (BRASIL, 2018).

Assim, é importante caracterizar e contextualizar as questões relacionadas à déficits e à superávits em termos de APP e RL no Brasil, assim como aspectos regionais. Guidotti et al. (2017) estimaram um déficit total para o Brasil de 19,4 milhões de hectares, sendo 8,1 milhões de hectares para APP e 11,3 milhões de hectares para RL. De acordo com o estudo, em termos de RL, o Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica são três principais biomas deficitários. Em relação à origem dos déficits de RL, Guidotti et al. (2017) concluíram que grandes propriedades (com mais de 15 módulos fiscais) concentram 56% do total deficitário e representam apenas 6% do número de propriedades não conformes. Essa concentração, segundo os autores, pode não ser positiva para o mercado de CRA, já que representaria um número pequeno de interessados na compra das cotas.

Além de quantificar o déficit de RL e APP, o estudo verificou o volume de áreas com vegetação nativa presente em propriedades rurais que representam o excedente de reserva ambiental. Esse excedente de reserva ambiental soma 103 milhões de hectares, sendo cinco vezes maior do que o volume verificado para déficit de APP e RL, apontando para uma possível dificuldade de mercado das CRA sob o ponto de vista da lei da oferta e demanda (GUIDOTTI et al., 2017). O volume de áreas excedentes, neste caso, representa apenas as áreas desprotegidas, ou seja,

fora das unidades de conservação (UCs) ou assentamentos, e é maior do que o déficit para todos os biomas.

Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016) calcularam a área de déficit de RL em 13,1 milhões de hectares. Similarmente à Guidotti et al. (2017), o estudo mapeou Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica como os biomas de maiores déficits e encontrou que a demanda por CRAs está concentrada entre médias e grandes propriedades. Considerando o foco deste estudo, o valor de demanda encontrado para o Paraná na Mata Atlântica foi de 516 mil hectares de RL, aproximadamente 18% do déficit total do bioma.

Em relação à oferta, ou seja, áreas com reserva florestal excedente, Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016) estimaram um volume de 156 milhões de hectares de RL, dos quais 46 milhões de hectares estão em áreas de vegetação nativa protegida (dentro de UCs ou assentamentos) e 110 milhões de hectares em áreas privadas desprotegidas. Os autores indicam que a oferta significativamente maior que a demanda é capaz de tornar o mercado de CRAs ineficiente, pois não remuneraria de forma economicamente viável a manutenção de áreas de reserva em propriedades privadas.

Rajão e Soares-Filho (2015) estimaram a oferta e demanda de áreas de RL e APP no Brasil em 147 milhões de hectares e 18,87 milhões de hectares, respectivamente. Os autores apontaram que as regiões mais deficitárias estavam concentradas no Centro-Oeste brasileiro e na costa, com os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia bastante comprometidos.

Além de os valores apresentados de passivos e ativos, Rajão e Soares-Filho (2015) apresentaram o volume destas áreas que estaria efetivamente participando no mercado de RL, partindo do pressuposto que a oferta e demanda de CRAs não refletiria em todo o passivo e ativo florestal. Dessa forma, o estudo estimou o que chamou de valores totais de oferta e demanda prováveis. Para cálculo da oferta provável, Rajão e Soares-Filho (2015) descontaram do volume total de excedentes as áreas de RL em propriedades com custo de oportunidade alto para uso da terra, ou seja, de alta aptidão agrícola. Para cálculo da demanda provável, foram descontadas do volume de passivo total as áreas em propriedades com baixa rentabilidade, onde seria preferível, do ponto de vista econômico, optar pela restauração ou permanecer irregular ao obter as CRAs. Sendo assim, os valores prováveis de oferta e demanda de CRA encontrados foram 129,6 milhões de hectares e 4,67 milhões de hectares, respectivamente.

Para a região norte do Paraná, de bioma Mata Atlântica, os dados apontam concentração de déficit de RL. De acordo com Rajão e Soares-Filho (2015), o estado concentra 318 mil hectares de déficit de RL em Mata Atlântica, o que representa 26,5% do déficit total do bioma.

Questões também importantes se relacionam com o preço da CRA e variáveis de influência. Para May et al. (2015), o escopo geográfico em que se encontram as áreas de déficit e oferta é uma relevante questão a ser observada para avaliar o mercado de CRAs e sua precificação. Enquanto antes do novo CFB, de 2012, a redação exigia que a compensação ocorresse apenas entre áreas localizadas na mesma bacia hidrográfica, a legislação vigente (BRASIL, 2012) passou a prever a compensação dentro de mesmo bioma, em diferentes estados. Além disso, prevê a possibilidade de compensação de RL em propriedade rural localizada no interior de UCs de domínio público que ainda não tenha sido desapropriada.

Para May et al. (2015), Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016) e Gavioli, Melillo e Oliveira (2020), esta nova redação favorece a compensação e as transações, elevando a oferta disponível aos interessados e pressionando o valor da

cota. Segundo os autores, na Mata Atlântica o mercado de CRAs enfrenta baixa oferta de RL, que poderia ser atenuado pela oferta em áreas dentro de UCs, por exemplo, equilibrando oferta e demanda.

Rajão e Soares-Filho (2015) estimaram preços de CRAs para diferentes cenários, envolvendo: i) duração do contrato de 5 ou 30 anos; ii) localização das áreas à venda, mesmo bioma e mesmo estado ou apenas mesmo bioma; iii) abrangência de áreas em diferentes categorias fundiárias, considerando inclusão ou não de áreas ofertadas em UCs e assentamentos e inclusão ou não de áreas prioritárias (áreas identificadas pela União ou estados); iv) valores de déficit e superávit de RL; e, v) as possíveis curvas de oferta e demanda da CRAs do ponto de vista dos proprietários. O estudo utilizou o método de questionário para avaliar a disposição a pagar (WTP sendo *willingness to pay*) e a disposição a aceitar (WTA, *willingness to accept*) pela CRA.

De acordo com o que foi obtido para uma amostra de 99 proprietários, existe uma relação entre o período de contrato de compra e venda da CRA, e os valores para avaliar WTP e WTA. O estudo encontrou que, para prazos mais curtos de contrato, o critério para precificação da CRA seria o valor produtivo da terra (renda da produção), enquanto que para contratos mais longos esse critério altera-se para o valor de mercado da terra. Isso se dá, segundo Rajão e Soares-Filho (2015), pois, do ponto de vista dos proprietários ofertantes de CRA, um contrato de 30 anos, por exemplo, seria semelhante à venda da terra, com uma taxa de desconto de 10% a.a.. Já para um contrato de menor duração, o custo de oportunidade para venda seria o valor “deixado de ganhar” caso a área excedente fosse produtiva.

Nos cenários com período de contrato de 30 anos, os valores mais altos foram encontrados nos casos em que a CRA é compensada no mesmo bioma e estado, sem considerar áreas prioritárias. Quando a jurisdição é ampliada, considerando venda e compra no mesmo bioma, independente do estado, o preço médio é pressionado. Rajão e Soares-Filho (2015) também apontam que compradores tenderão a demandar CRAs em regiões com baixo custo de oportunidade para os proprietários de áreas, pois espera-se nestes locais oferta de CRA a preços menores.

A questão que se coloca também é como mensurar os valores das CRAs. Metodologicamente, podem ser considerados os cenários em que os produtores estariam dispostos a pagar, no máximo, a lucratividade que obtém com o uso comercial do solo, supondo que os mesmos fazem o melhor uso do solo em termos de eficiência. A questão de eficiência foi tratada, por exemplo, em Lima et al. (2016).

Também é possível se utilizar diferentes métodos de estimativas de benefícios ambientais. Entre eles, estão os conceitos de ligação comportamental, em que se enquadra o Método de Valoração Contingente (MVC), discutido em Callan e Thomas (2016). Esse foi o método aplicado por Rodrigues, Magalhães Filho e Figueroa (2013), para avaliação de danos ambientais, e por Rajão e Soares-Filho (2015), já apresentado.

Porém, já existem transações de CRAs no mercado vigente. As informações podem ser acessadas em BVRio (2021) e Biofílica (2021). A BVRio (2021) apresenta preços de CRA sem diferenciar áreas em UCs ou em propriedades privadas e de acordo com a quantidade de hectares ofertados. Para os anos de 2018 e 2019 (que será a base de dados deste estudo), não houve relação entre o volume de hectares ofertados e preço, com valores entre R\$ 150,00/hectares/ano e R\$ 920,00/hectares/ano, com média de R\$ 549,58/hectares/ano para áreas de Mata

Atlântica no estado do Paraná. A mediana das informações ficou em R\$ 549,58/hectares/ano, com desvio-padrão de R\$ 211,24/hectares/ano.

A Biofilica (2021) apresentou preço da CRA sem o volume correspondente de área ofertada. Para Mata Atlântica do estado do Paraná, em 2018 e 2019 as CRA foram ofertadas em média por R\$ 7.840/hectares e R\$ 8.445/hectares, respectivamente. Para o ano de 2018, a mediana das informações foi de R\$ 8.500,00/hectares e o desvio padrão, de R\$ 2.921,75/hectares; para 2019, a mediana foi de R\$ 9.500,00/hectares e o desvio padrão, de R\$ 2.408,42/hectares. Além de valores de CRA, a empresa também apresenta os preços da RL na modalidade arrendamento, um dos mecanismos de compensação previstos pelo novo CFB. Para arrendamento na mesma região, a média para 2018 e 2019 foi de R\$ 175/hectares e R\$ 220/hectares.

Em um contexto econômico, a disposição a pagar pelas CRAs tende a depender da rentabilidade obtida por culturas comerciais. Para isso, é importante entender como ocorre o uso do solo na região em análise. Um estudo detalhado sobre a dinâmica produtiva de grãos e da propriedade típica regional foi apresentado por Faleiros e Alves (2020). Os autores mostraram a importância da região Sul na produção de soja, milho (primeira e segunda safras) e trigo e, especialmente, do estado do Paraná na oferta total desses produtos. Segundo Faleiros e Alves (2020), a área de primeira safra na região de Londrina/PR é destinada especialmente para o cultivo de soja, enquanto na segunda safra houve o cultivo especialmente de milho em detrimento do trigo. Em alguns anos, houve parte da área em que não houve o cultivo de nenhuma cultura comercial. Essas culturas e área dedicada a cada uma delas serão as bases para as análises neste estudo.

### **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

Visando atingir o objetivo do estudo, foi implementada uma análise quantitativa, com base nos dados de custos e receitas de produção e possibilitando a inserção do fator risco na análise, de forma que os efeitos de fatores incertos estivessem presentes nos resultados. Para isso, o método quantitativo possibilita a implementação de variabilidade às variáveis através de sua identificação, qualificação e quantificação. Neste estudo, buscou-se calcular o valor máximo de disposição a pagar pela unidade de CRA através da margem bruta média anual da propriedade, envolvendo os anos-safras no período 2007/08-2018/19. Para isso, a metodologia foi dividida em três etapas, como segue.

#### **3.1 – ETAPA 1: OBTENÇÃO DA MARGEM BRUTA**

Para obtenção da margem bruta, foram necessárias as estruturas de custos e receitas da propriedade. Essas informações foram conseguidas no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (CEPEA-ESALQ/USP, 2021). Em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), anualmente o CEPEA busca entender a dinâmica real da produção de grãos em diferentes regiões do Brasil, incluindo a do norte do Paraná, com base em Londrina. Para a coleta de dados, o CEPEA-ESALQ/USP (2021) define uma propriedade típica de cada região, com base em sua característica modal de produção (FEUZ; SKOLD, 1991). No processo de coleta, descreve-se todos os itens de ativos imobilizados e de atividades operacionais, conforme Alves et al. (2020) e Chibanda et al. (2020). Foram considerados os custos

de produção na propriedade, a partir dos custos incorridos para cada cultura cultivada no respectivo ano. Todos os valores foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna IGP- DI com base em dezembro de 2019.

Os itens de dados obtidos para cada ano-safra, para a fazenda como um todo, a partir da soma dos valores de cada cultura, foram: área produtiva (por hectare); custos (R\$) com fertilizantes e corretivos, sementes e tratamento, fungicida, herbicida, inseticida, adjuvante, mecanização, mão de obra, frete, impostos e juros de custeio, assistência técnica, seguro e gastos gerais; preço de venda (R\$) e produtividade (sacas por hectare). Estes itens podem ser classificados como custos operacionais, sendo tratados em termos de montante direto dispendido pelo produtor por cada item no ano-safra para toda a área cultivada (MATSUNAGA et al., 1976; NACHILUK; OLIVEIRA, 2012; ALVES et al., 2020). A área produtiva foi tratada em hectares cultivados no ano-safra, somando-se as áreas que receberam plantio de primeira e segunda safras.

Os preços foram expressos em R\$ por saca de 60 kg, enquanto a produtividade foi expressa em unidades de sacas de 60 kg para toda a área cultivada. A partir destes valores, foi possível calcular a Receita Bruta (RB) e a Margem Bruta (MB), sendo a RB o produto das variáveis preço e produtividade e MB a diferença entre RB e COE.

### **3.2 – ETAPA 2: GERAÇÃO DE DADOS ALEATÓRIOS**

A partir dos custos de produção obtidos, este trabalho se propôs a utilizar a metodologia de simulação estocástica. De acordo com Oliveira e Medeiros Neto (2012), este método procura incorporar os riscos e incertezas existentes em um conjunto de dados de uma frequência histórica por meio da geração de números aleatórios, permitindo um estudo mais completo dos riscos inerentes ao conjunto de dados. Para realizar a simulação estocástica, escolheu-se o método de Monte Carlo, definido inicialmente por Hertz (1964), que foi aplicado em todos os itens de custo operacionais e COE, área produtiva, preço e produtividade, RB e MB.

Para aplicação do método de Monte Carlo utilizou-se o software @Risk para definir uma função de distribuição a cada item do custo de produção. A função foi definida com base na frequência histórica dos dados e ajuste pelo critério de informação de Akaike, critério esse que se aplica à modelos estatísticos com a finalidade de definir o modelo teórico mais compatível com base no conjunto de dados e sua distribuição (AKAIKE, 1974). As funções foram truncadas para não apresentar valores negativos (não existem, na prática, custos e receitas negativos) e correlacionadas com base nos dados históricos de todos os itens, para manter o padrão de relação histórica. A partir dos resultados das funções de distribuição também foram calculados outputs para COE, RB e MB. Para cada variável, foram gerados 10.000 dados aleatórios.

### **3.3 – ETAPA 3: OBTENÇÃO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)**

Com os 10.000 valores aleatórios gerados para as variáveis em estudo, buscou-se utilizar estes dados para realizar uma análise econômico-financeira da propriedade típica através do estudo do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), seguindo os parâmetros de Barros et al. (2019). Inicialmente, foi necessária a estruturação do Fluxo de Caixa (FC) para um período de dez anos, utilizando: i) o valor do investimento e o valor residual dos itens que compõe o investimento; e ii) os valores de fluxo de caixa anuais dados pelos valores aleatórios de MB encontrados.

O investimento, seus itens e valor residual foram referentes às características de produção no último ano-safra (2018/19) da propriedade típica para um período de 10 anos segundo dados fornecidos pelo CEPEA-ESALQ/USP (2021). Para utilização da MB como receitas no FC, os 10.000 valores aleatórios de MB foram inicialmente divididos pelos respectivos valores aleatórios de área produtiva, gerando a MB por hectare cultivado. Em seguida, os valores aleatórios de MB/ hectare cultivado foram multiplicados pela área produtiva de 261 hectares no último ano-safra analisado (2018/19), equiparando as receitas à área total no período mais recente em análise, obtendo 10.000 valores aleatórios de valores de receita anuais originais.

Obtidos os 10.000 valores para FC em cada ano, calculou-se 10.000 dados de VPL para a propriedade típica, trazidos a valor presente por taxas de juros real de 2,5% ao ano e de 5,0% ao ano [média dos retornos reais obtidos em aplicações com base em poupança e no Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Selic) em 15 anos, respectivamente, base dezembro de 2019]. Dado que os preços de CRA são expressos em R\$ por hectare por ano, fez-se necessário calcular o VPL anualizado (BARROS et al., 2019) e, em seguida, VPL anualizado por hectare cultivado.

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, serão apresentadas as características da fazenda típica em estudo e, posteriormente, a estrutura de custos de produção da propriedade. Segundo dados de CEPEA-ESALQ/USP (2021), a fazenda típica da região de Londrina/PR cultivou entre 130 e 261,4 hectares entre as safras 2007/08 e 2018/19, com tendência crescente. Na primeira safra, prevalece o cultivo de soja, em detrimento do milho, enquanto na segunda safra se destaca o uso do solo com milho, em detrimento do trigo (Tabela 1). Milho de primeira safra foi cultivado nos cinco primeiros anos da série do estudo e trigo, até 2014/15, em linha com o apresentado por Faleiros e Alves (2020). Observe, também, que nem toda a área da primeira é utilizada por cultura comercial na segunda safra, sendo a diferença considerada área de pousio.

Tabela 1 - Áreas cultivadas por cultura nos anos-safra 2007/08 a 2018/19, em hectares

Ano-safra	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Soja	60	60	91,6	65,3 4	72,6	96,8	96,8	96,8	96,8	145,2	145,2	145,2
Milho 1ª safra	20	20	4,84	7,26	24,2							
Milho 2ª safra	30	30	48,4	50,8 2	72,6	77,4 4	58,08	67,76	96,8	145,2	116,6	116,6
Trigo	20	20	48,4	21,78	24,2	19,3 6	29,04	14,5				
TOTAL cultivado	130	130	193,6	145,2	193,6	193,6	183,9 2	179,0 6	193,6	290,4	261,3 6	261,3 6

Fonte: Dados básicos de CEPEA-ESALQ/USP (2021).

Como descrito na metodologia, para cada ano-safra sob análise foi computado o custo operacional de cada cultura e a soma para a propriedade como um todo. Entretanto, esses valores foram desagregados por itens de custos. Utilizando o critério Akaike, foi identificada a função de produção que melhor representou à frequência histórica de cada item dos custos de produção (Tabela 2). Pelo critério Akaike selecionou-se a distribuição valores extremos para a maioria dos itens, exceto

para Mecanização e Mão de Obra; e Assistência Técnica/Seguros/Gastos Gerais e preço, para os quais foram selecionadas as distribuições valor extremo mínimo e a distribuição normal, respectivamente.

Tabela 2 - Funções de distribuição identificadas e aplicadas para itens de custo

Item	Função distribuição	Parâmetros da função
Área Cultivada	Valor Extremo	$\alpha = 19.256,5$ ; $\beta = 7.803,2$
Fertilizantes/Corretivos	Valor Extremo	$\alpha = 84.959$ ; $\beta = 21.586$
Sementes/Tratamento	Valor Extremo	$\alpha = 67.626$ ; $\beta = 20.516$
Fungicida	Valor Extremo	$\alpha = 17.529,1$ ; $\beta = 18.634,9$
Herbicida	Valor Extremo	$\alpha = 19.256,5$ ; $\beta = 7.803,2$
Inseticida	Valor Extremo	$\alpha = 15.049,3$ ; $\beta = 7.695,8$
Adjuvante	Valor Extremo	$\alpha = 1.461,8$ ; $\beta = 1.726,2$
Operações mecânicas	Valor Extremo Mínimo	$\alpha = 85.336,9378$ ; $\beta = 13.866,1449$
Mão de Obra	Valor Extremo Mínimo	$\alpha = 37.184,5001$ ; $\beta = 10.331,4946$
Frete	Valor Extremo	$\alpha = 15.954,7$ ; $\beta = 4.142,4$
Impostos e Juros de custeio	Valor Extremo	$\alpha = 37.954$ ; $\beta = 12.977$
Assist. Técnica/Seguro/Gastos Gerais	Normal	$\mu = 31.013$ ; $\delta = 18.264$
Custo Operacional Efetivo (COE)	Output	
Produtividade	Valor Extremo	$\alpha = 10.321,7$ ; $\beta = 3.331,2$
Preço	Normal	$\mu = 48,2431$ ; $\delta = 4,9046$
Receita Bruta	Output	
Margem Bruta	Output	

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda:  $\alpha$ = localização;  $\beta$ = escala;  $\mu$ = média;  $\delta$ = desvio padrão.

A partir das funções de distribuição criadas, foram gerados 10.000 dados aleatórios para cada item de custo (Tabela 3). Os custos médios, em R\$ por hectare ano, foram calculados a partir da divisão dos valores anuais pela área produtiva média de 196,46 hectares. Os dados calculados indicam que as maiores participações no COE são os gastos com fertilizantes e corretivos, sementes e tratamento, operações mecânicas e impostos e juros de custeio, que somaram, em média, quase 2/3 dos desembolsos totais da propriedade no período analisado. Os defensivos químicos somaram 14,6% do COE e os demais itens, juntos, pouco mais de 19%. Considerando a função de distribuição entre os preços de soja, milho e trigo e suas respectivas produtividades, a receita bruta média superou o COE médio, gerando uma margem bruta 28,5% superior ao COE médio.

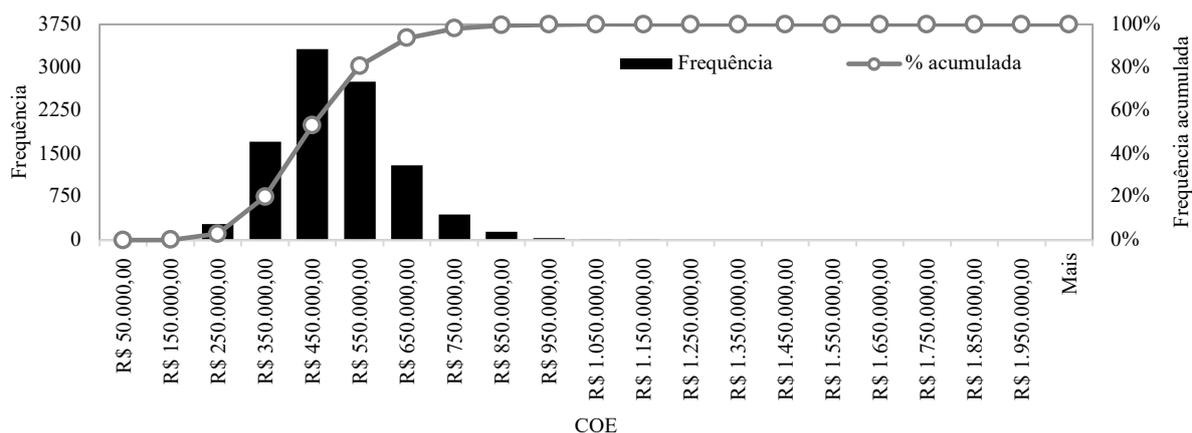
As distribuições de frequência para os 10.000 dados aleatórios gerados para os *outputs* estão representadas em forma de histogramas. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é representado o histograma para o COE, que se mostra uma distribuição assimétrica, com média de R\$ 451.975,22, mínimo de R\$ 250.000,00 e máximo de R\$ 950.000,00, todos em termos anuais, de acordo com o uso da terra.

Tabela 3 - Médias calculadas para itens de custo e variáveis do COE, da RB e da MB, para os cultivos de soja, milho e trigo

Variáveis	área produtiva/ano	hectares/ano	%COE
Fertilizantes/Corretivos	R\$ 97.416,68	R\$ 495,85	21,55%
Sementes/Tratamento	R\$ 79.471,84	R\$ 404,51	17,58%
Fungicida	R\$ 22.524,42	R\$ 114,65	4,98%
Herbicida	R\$ 23.760,96	R\$ 120,94	5,26%
Inseticida	R\$ 19.508,77	R\$ 99,30	4,32%
Adjuvante	R\$ 2.782,48	R\$ 14,16	0,62%
Operações mecânicas	R\$ 77.527,41	R\$ 394,61	17,15%
Mão de Obra	R\$ 32.375,00	R\$ 164,79	7,16%
Frete	R\$ 18.345,68	R\$ 93,38	4,06%
Impostos e Juros de custeio	R\$ 45.444,63	R\$ 231,31	10,05%
Assist. Técnica/Seguro/Gastos Gerais	R\$ 32.817,34	R\$ 167,04	7,26%
<b>Custo Operacional Efetivo (COE)</b>	<b>R\$ 451.975,22</b>	<b>R\$ 2.300,55</b>	-
Preço (R\$/saca)	R\$ 48,24		-
Produtividade (sacas)	12.245,10	62,33	-
<b>Receita Bruta</b>	<b>R\$ 580.894,84</b>	<b>R\$ 2.956,75</b>	-
<b>Margem Bruta</b>	<b>R\$ 128.919,62</b>	<b>R\$ 656,20</b>	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Custo Operacional Efetivo (COE).

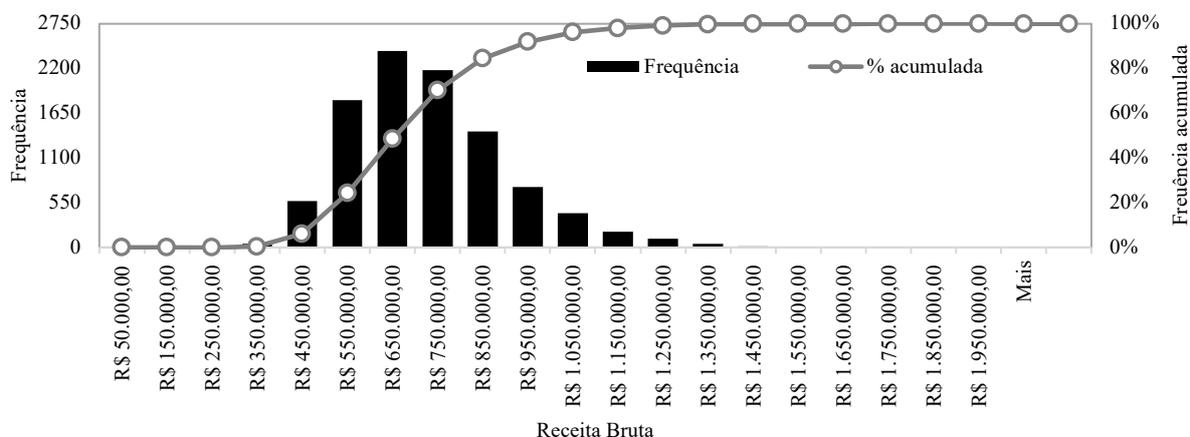


Fonte: Dados da pesquisa.

A distribuição de frequência para os valores de RB (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) mostrou maior amplitude dos dados se comparada à distribuição do COE, concentrando valores em um intervalo entre R\$ 450.000,00 e R\$ 1.350.000,00. Dessa forma, entendeu-se que, de acordo com a função de distribuição encontrada para RB, esta variável é mais sensível as variações de preços e produtividade, se comparada ao COE.

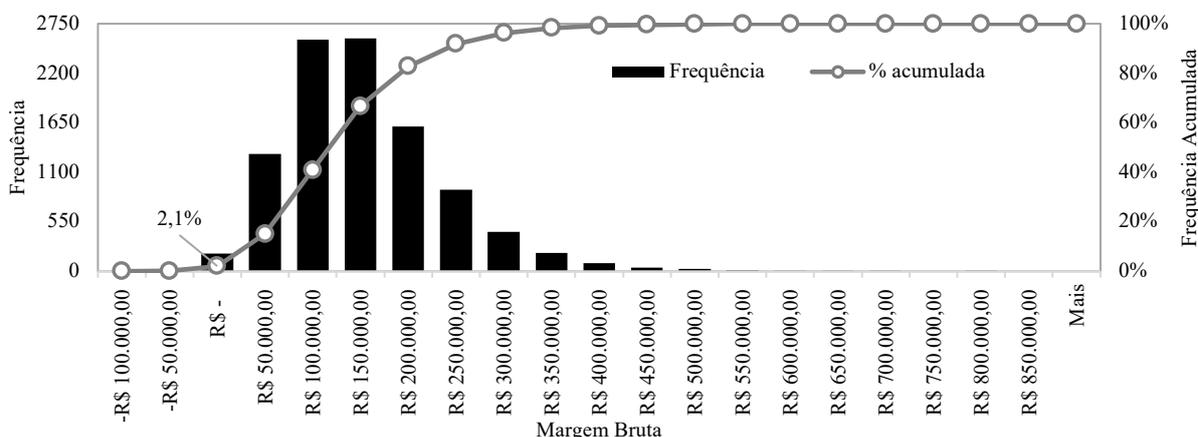
Ao se subtrair o COE da RB, obtém-se a distribuição de frequência dos valores aleatórios gerados para MB (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) que também se mostrou assimétrica. A maior frequência encontra-se nos intervalos entre R\$ 50.000,00 e R\$ 300.000,00, indicando que, de maneira geral, a propriedade típica consegue pagar os custos operacionais com margem. A probabilidade de margem negativa na propriedade típica sob análise ficou em 2,1%, podendo ser considerado um risco relativamente baixo. Este é denominado de risco de liquidez, conforme Barros et al. (2019).

Figura 2 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados de Receita Bruta (RB).



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Margem Bruta (MB).

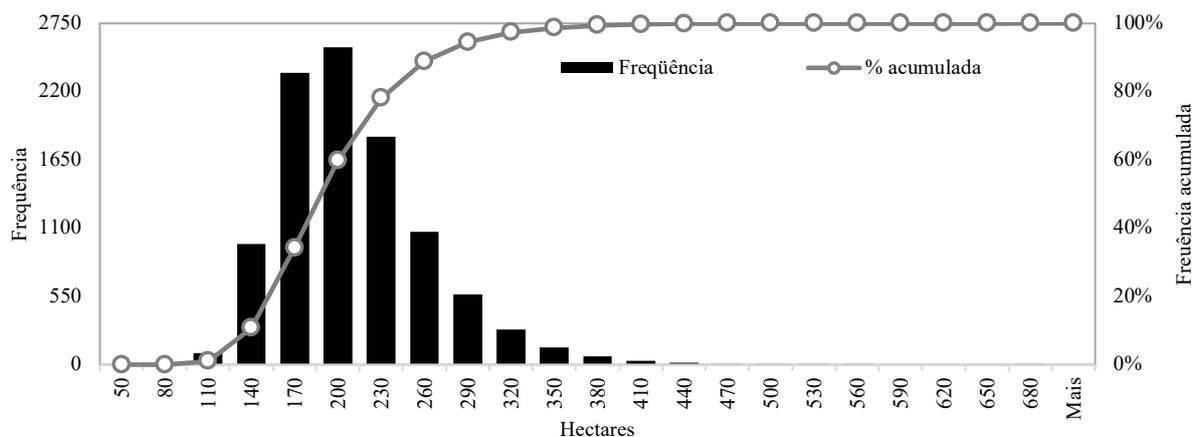


Fonte: Dados da pesquisa.

Como os valores de MB apresentados são referentes à cada valor aleatório de área produtiva total correspondente, dividiu-se os valores aleatórios de MB da fazenda (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) pelos valores de área produtiva (Figura 4), e obteve-se os valores de MB por hectare cultivado. Em seguida, para composição do FC, os valores de MB por hectare cultivado foram multiplicados por 261 hectares, área produtiva no ano-safra 2018/2019 (Figura 5). O objetivo é o alinhamento com os investimentos em imobilizados na fazenda, com exceção da terra. O pico de frequência de MB ocorreu no intervalo de R\$ 120.000,00 e R\$ 160.000,00, e os valores máximo e mínimo foram de R\$ 554.235,75 e -R\$ 142.329,44, respectivamente, com amplitude de R\$ 696.565,19.

O Fluxo de Caixa (FC) foi construído para um período 10 anos, que é equivalente à duração de contrato entre ofertante e comprador de CRA. Além dos 10.000 de MB, sintetizada na Figura 5, foram adicionados os valores de investimento iniciais e de valores residuais referentes a 10 anos em 261 hectares, segundo dados do CEPEA-ESALQ/USP (2021) e a metodologia apresentada em Barros et al. (2019). Desconsiderando-se o custo da terra, pois não se refere a um custo incremental nestas avaliações, os investimentos necessários foram próximos a R\$ 1,5 milhão, com valor residual em 10 anos próximo a R\$ 403,00 mil (Tabela 4).

Figura 4 - Distribuição de frequência para valores aleatórios (por hectare) gerados para área produtiva



Fonte: Dados da pesquisa.

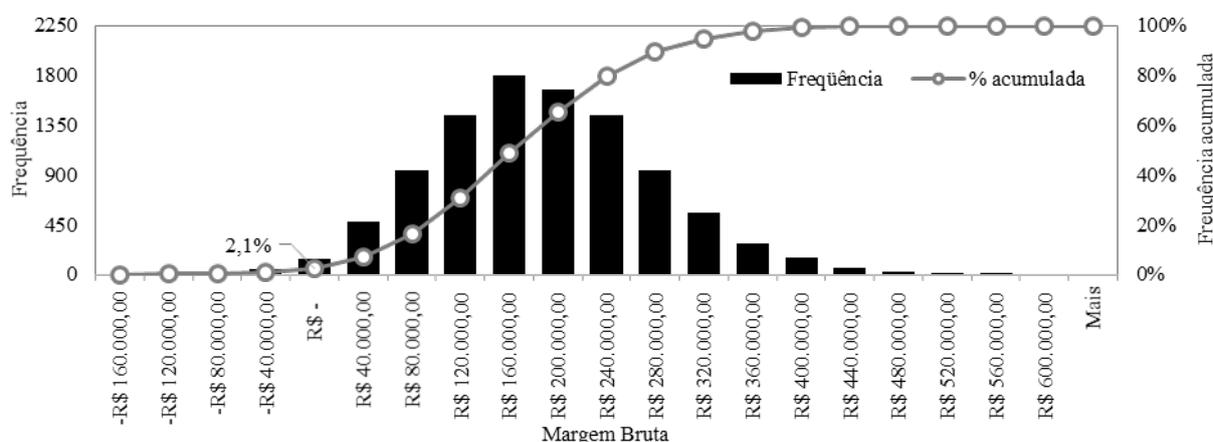


Figura 5 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Margem Bruta para 261 hectares referentes ao ano-safra 2018/19.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 4 - Valores de investimentos em fazenda produtora de soja, milho e trigo, base ano-safra 2018/19.

Item	Valor novo	Vida útil	Valor residual	Taxa residual
Máquinas	R\$788.000,00	10	R\$157.600,00	20%
Implementos	R\$360.420,00	10	R\$72.084,00	20%
Veículos	R\$50.000,00	10	R\$20.000,00	40%
Benfeitorias	R\$306.500,00	30	R\$153.250,00	50%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$1.504.920,00</b>		<b>R\$402.934,00</b>	

Fonte: Dados básicos de CEPEA-ESALQ/USP (2021).

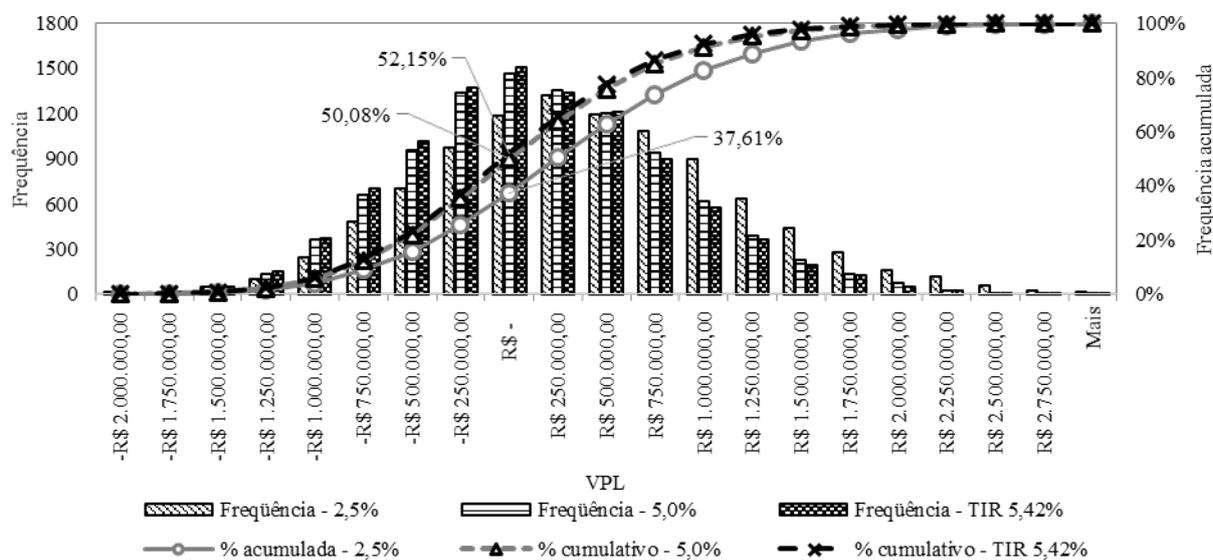
Seguindo a metodologia de Barros et al. (2019), os valores de MB da Figura 5 foram repetidos por 10 anos, que é a vida útil considerada neste projeto, e então trazidas a valor presente pelos custos de oportunidades reais de 2,5% a.a. e de 5,0% a.a.. Em seguida, de cada valor, foram subtraídos os investimentos e acrescidos o valor residual, também a valor presente. Assim, obteve-se 10.000 valores de VPL para as duas taxas, assim como se calculou o valor da TIR deste projeto, cujas distribuições são apresentadas na Figura 6.

A TIR do projeto foi calculada em 5,42%, com a mediana de -R\$ 36.610,60. Assim, apesar de a média do VPL ser zero, a probabilidade de haver VPL positivo é de 47,85%, ou seja, em 52,15% das vezes há probabilidade de valores negativos (Figura

6). Para um custo de oportunidade real de 5,0%, há cerca de 50% de probabilidade de VPL positivo, com média de R\$ 36.037,81 – a mediana calculada foi de R\$ 1.331,29. Entretanto, se o custo de oportunidade do investidos foi a juro real de 2,5%, o VPL médio passe a ser calculado a R\$ 276.049,57, com probabilidade de 37,6% de o valor das receitas líquidas serem insuficientes para pagar o investimento inicial ao final de 10 anos. A mediana foi de R\$ 233.694,23. A probabilidade de VPL negativo é chamado de risco de rentabilidade, conforme Barros et al. (2019).

No geral, os resultados se mostraram extremamente sensíveis às taxas de descontos. Com um custo de oportunidade real nulo (o investidor receberia nominalmente o equivalente à inflação média), o VPL médio seria de R\$ 573.273,89, com mediana de R\$ 524.879,21. Mesmo assim, haveria uma probabilidade de 26,83% de VPL negativo.

Figura 6 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Valor Presente Líquido (VPL) com diferentes custos de oportunidades.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para o custo de oportunidade de 2,5% a.a., o valor médio anualizado do VPL é equivalente a R\$ 31.451,08 (Figura 7), que resultaria em R\$ 120,85 por hectare cultivado por ano (Figura 8). Já para um custo de oportunidade de 5,0%, o VPL médio anualizado seria equivalente a R\$ 4.667,06, ou R\$ 17,88 por hectare. Ao custo de oportunidade da TIR, esses valores seriam nulos, enquanto que ao custo real nulo, se obteria uma VPL anualizado de R\$ 51.635,92, equivalente a R\$ 197,84 por hectare.

No geral, conforme a Figura 7 e a Figura 8, há expressiva dispersão entre os valores mínimos e máximos dos VPLs anualizados e por hectare. Porém, de acordo com as frequências apresentadas na Figura 8, um VPL médio por hectare superior a R\$ 500,00 ocorreria em 7,81% das vezes para uma taxa equivalente à TIR, em 8,48% das vezes para um custo de oportunidade de 5,0%, em 13,41% das vezes para um custo de oportunidade de 2,5% e, em 16,05% das vezes, para um custo de oportunidade real nulo.

Figura 7 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Valor Presente Líquido anualizado (VPLa) com diferentes custos de oportunidades.

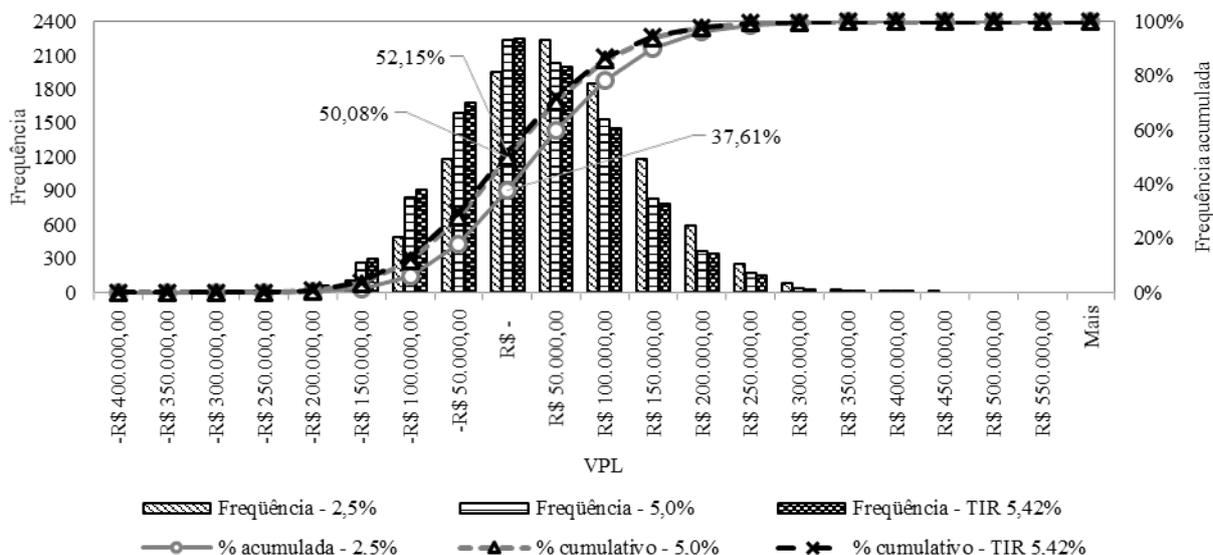
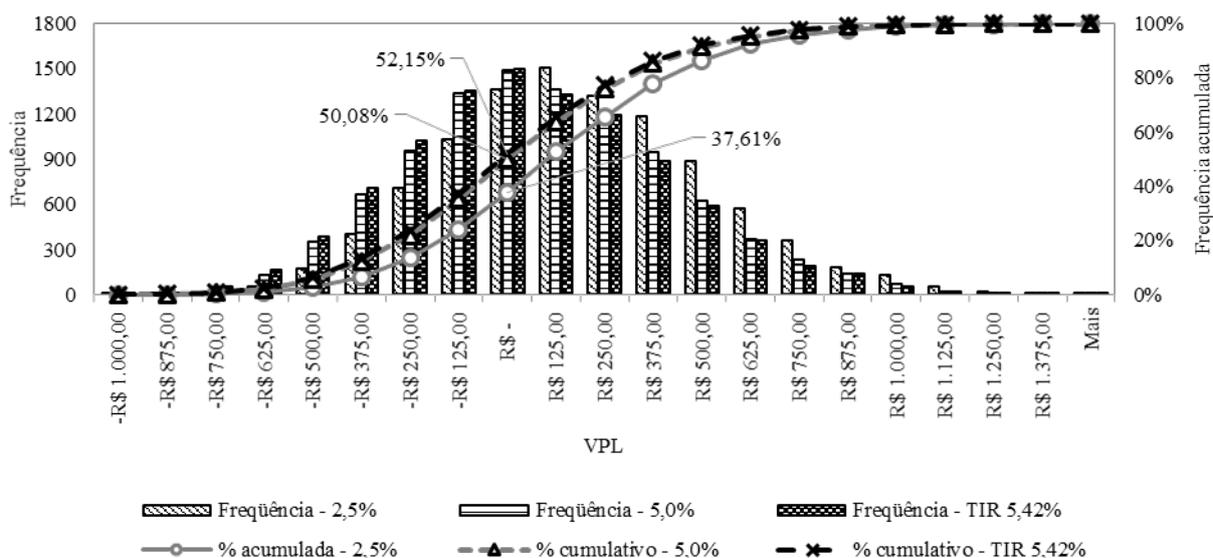


Figura 8 - Distribuição de frequência para valores aleatórios gerados para Valor Presente Líquido anualizado por hectare produtivo (VPLa/hectare) com diferentes custos de oportunidades.



Com os valores em termos de R\$/hectare cultivado ano, e considerando que a fazenda possui duas safras no mesmo ano, é preciso encontrar um novo valor em R\$/hectare para a fazenda, no ano. Entretanto, nem toda a área é destinada à cultura de segunda safra. Em geral, cerca de 80% da área de primeira safra também tem cultivo comercial na segunda safra. Assim, o valor de R\$ 120,85 encontrado para o VPLa por hectare cultivado foi multiplicado por esse quociente, chegando a R\$ 217,53/hectare de fazenda por ano para um custo de oportunidade de 2,5% a.a.. Se custo de oportunidade for de 5,0% a.a., o VPL por hectare da fazenda por ano seria de R\$ 32,19. Já um custo de oportunidade nulo, o valor seria de R\$ 395,68/hectare.

Para um custo de oportunidade de 5,0% a.a., por exemplo, enquanto R\$ 120,85 representa o retorno máximo que o produtor obtém por hectare cultivado

anualmente (primeira e segunda safras) em um período de 10 anos, o valor de R\$ 217,53 representa o valor máximo que o produtor estaria disposto a pagar por uma CRA, equivalente a um hectare (unidade física), para fins de compensação pelo mesmo período. Essa comparação é baseada na premissa de que o produtor está fazendo uso produtivo da área que deveria ser reservada para RL.

Os valores calculados neste trabalho são inferiores às ofertas disponíveis nas plataformas da BVRio (2021) e da Biofílica (2021), assim como aos apresentados em Rajão e Soares-Filho (2015). Porém, se assemelha aos valores de arrendamento Biofílica (2021), como era esperado, pois acredita-se que o mercado de arrendamento tenha alinhamento com as rentabilidades obtidas nas fazendas. Mas, é importante considerar que há limitações nas comparações, pois, ou as informações dos demais estudos envolvem um contexto nacional, ou não há detalhamento sobre o conjunto de variáveis envolvidas em cada preço, que podem apresentar diferenças quanto à origem da RL (área protegida ou não protegida), intenção da duração de contrato e realidade de produção. Os demais trabalhos também não apresentaram resultados para diferentes custos de oportunidades.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho estimou a disposição a pagar pela unidade de Cota de Reserva Ambiental (CRA), a partir da rentabilidade histórica de uma propriedade típica da região de Londrina (PR), produtora de soja, milho e trigo. A partir de dados sobre custos e receitas, foram identificadas as funções de distribuição e aplicadas simulações estocásticas para geração de valores aleatórios. Foram calculados Custo Operacional Efetivo, Receita Bruta e Margem Bruta. Em seguida, se estruturou um fluxo de caixa para o cálculo do valor presente líquido, considerando os investimentos iniciais e respectivos valores residuais e um projeto com vida útil de 10 anos a partir da margem bruta. Os custos de oportunidades considerados foram de 2,5% a.a. e de 5,0% a.a., em termos reais. Também se calculou a Taxa Interna de Retorno.

Os resultados apontaram que a propriedade típica analisada apresenta um baixo risco de liquidez, mas um expressivo risco de rentabilidade, mesmo com custo de oportunidade real nulo. A partir dos cálculos do VPL, entende-se que o valor máximo de disposição a pagar pela unidade de CRA por hectare por ano, considerando um período de 10 anos, em uma propriedade que cultiva soja, milho e trigo, tende a oscilar expressivamente de acordo com o custo de oportunidade, chegando ao valor nulo para um custo de oportunidade equivalente à Taxa Interna de Retorno (TIR), de 5,42% a.a.. Na média, porém, para um custo de oportunidade nulo a disposição a pagar chegaria a R\$ 395,68/hectare. Assim, para as características de produção analisadas, quaisquer valores superiores representariam inviabilidade para a compra de CRA, sendo maior do que o retorno obtido em seu cultivo.

Conforme apresentado na literatura, há fatores externos que influenciam o preço da CRA e, conseqüentemente, na disposição a pagar pelo proprietário deficitário, como localização das áreas quanto ao bioma, estado e inserção em unidade de conservação. Limitando-se à metodologia utilizada neste estudo e às condições analisadas, é possível afirmar que o uso do VPL para estimar a disposição a pagar resultou em um valor expressivamente inferior frente aos preços ofertados no mercado, mas similares aos valores de arrendamento.

Em suma, os resultados sinalizam que o VPL pode ser uma forma de estimar a disposição a pagar pela unidade de CRA, enquadrando-se também ao Método de

Valoração Contingente. Se este estudo tiver contribuído para se buscar relacionar o contexto de CRA com o ambiente econômico regional, já terá valido a pena sua preparação. Entretanto, certamente novos estudos, com metodologias distintas, precisam ser preparados para melhor entendimento do contexto das negociações de CRA e suas precificações, visando a regularização por parte de produtores deficitários em termos de Reserva Legal.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. **A New Look at the Statistical Model Identification**. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.

ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. A. C.; OSAKI, M.; LIMA, F. F.. **Gestão operacional e custo de produção de algodão em Mato Grosso**. In: BÉLOT, J.-L.; VILELA, P. M. C. A. (Eds.). *Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso*. 4. ed. Cuiabá: IMAmt, AMPA, 2020. p. 32–54.

BARROS, G. S. A. C.; ALVES, L. R. A.; OSAKI, M.; ADAMI, A. C. O. **Gestão de negócios agropecuários com foco no patrimônio**. Campinas: Alínea, 2019.

BIOFÍLICA. **Créditos de Carbono - Projetos REDD+ na Amazônia**. Disponível em: <<https://www.biofilica.com.br/creditos-de-carbono/#projetosredd>>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 9.640, de 27 de dezembro de 2018**. Legislação Informatizada. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9640-27-dezembro-2018-787547-publicacaooriginal-157123-pe.html>>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRITO, B. **Potential trajectories of the upcoming forest trading mechanism in Pará State, Brazilian Amazon**. *PLOS ONE*, v. 12, n. 4, p. e0174154, 1 abr. 2017.

BVRIO. Instituto Bolsa Verde do Rio de Janeiro. **Mercado de reserva legal florestal. Cotações de lotes de cotas de reserva legal e áreas em unidades de conservação**. Disponível em: <<https://www.bvrio.org/florestal/cra/plataforma/prepara.do>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CALLAN, S. J.; THOMAS, J. M. **Economia Ambiental: aplicações, políticas e teoria**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

CEPEA-ESALQ/USP. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Custo e Gestão. Gestão do Negócio Agropecuário**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/gestao-do-negocio-agropecuario.aspx>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CHIBANDA, C.; AGETHEN, K.; DEBLITZ, C.; ZIMMER, Y.; ALMADANI, M. I.; GARMING, H.; ROHLMANN, C.; SCHÜTTE, J.; THOBE, P.; VERHAAGH, M.; BEHRENDT, L.; STAUB, D. T.; LASNER, T. **The typical farm approach and its application by the agri benchmark network.** *Agriculture*, v. 10, n. 12:646, p. 1–24, 2020.

FALEIROS, G. D.; ALVES, L. R. A. **Caracterização da dinâmica produtiva de grãos e da propriedade típica regional no Sul do Brasil.** *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 22, n. e1554, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global forest resources assessment 2020 - key findings.** Rome. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca8753en>>. Acesso em: 15 set. 2021.

FEUZ, D. M.; SKOLD, M. D. **Typical farm theory in agricultural research.** *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 2, n. 2, p. 43–58, 1991.

FREITAS, F. L. M. DE; SPAROVEK, G.; MATSUMOTO, M. H. **A adicionalidade do mecanismo de compensação de reserva legal da Lei n. 12.651/2012: uma análise da oferta e demanda de cotas de reserva ambiental.** In: SILVA, A. P. M. DA; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (Eds.). *Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei.* Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

GAVIOLI, F. R.; MELILLO, R. C. S.; OLIVEIRA, C. R. DE. **Estrutura fundiária e conservação de florestas em propriedades rurais do circuito das frutas/SP: uma análise dos impactos da lei 12.651/2012 na conformação de reservas legais e cotas de reserva ambiental.** *Caminhos de Geografia*, v. 21, n. 74, p. 241–258, 2 maio 2020.

GUIDOTTI, V. et al. **Números detalhados do novo código florestal e suas implicações para os PRAs: Sustentabilidade em Debate.** Piracicaba.

Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/317278692\\_NUMEROS\\_DETALHADOS\\_DO\\_NOVO\\_CODIGO\\_FLORESTAL\\_E\\_SUAS\\_IMPLICACOES\\_PARA\\_OS\\_PRAS\\_PRINCIPAIS\\_RESULTADOS\\_E\\_CONSIDERACOES?channel=doi&linkId=592ff1a945851553b67ee50b&showFulltext=true](https://www.researchgate.net/publication/317278692_NUMEROS_DETALHADOS_DO_NOVO_CODIGO_FLORESTAL_E_SUAS_IMPLICACOES_PARA_OS_PRAS_PRINCIPAIS_RESULTADOS_E_CONSIDERACOES?channel=doi&linkId=592ff1a945851553b67ee50b&showFulltext=true)>. Acesso em: 14 set. 2021.

HERTZ, D. B. **Risk analysis in capital investment.** *Harvard Business Review*, v. 42, n. 1, p. 95–106, 1964.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018.** Rio de Janeiro: [s.n.].

Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101703.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2021.

LIMA, V. A. M. O.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; LINS, R. S.; FRAINER, D. M. **Análise da eficiência de pequenas propriedades rurais através do método da Análise Envoltória de Dados (DEA).** *Informe GEPEC*, v. 20, n. 2, p. 58–70, 2 dez. 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária Brasileira em Números**. Brasília, DF. Disponível em:

<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/abn-09-2021.pdf/view>>. Acesso em: 14 set. 2021.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. *Agricultura em São Paulo*, v. 23, n. 1, p. 123–139, 1976.

MAY, P. H.; BERNASCONI, P.; WUNDER, S.; LUBOWSKI, R. **Cotas de reserva ambiental no novo código florestal brasileiro: uma avaliação ex-ante**. Publicação ocasional. Bogor, Indonesia. Disponível em: <[https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-146.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-146.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2021.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M. D. M. **Custo de Produção: uma importante ferramenta gerencial na agropecuária**. *Instituto de Economia Agrícola - Análises e Indicadores do Agronegócio*, v. 7, n. 5, 2012.

OLIVEIRA, M. R. G. DE; MEDEIROS NETO, L. B. DE. **Simulação de monte carlo e valuation: uma abordagem estocástica**. *REGE Revista de Gestão*, v. 19, n. 3, p. 449–466, 2012.

PADILHA JUNIOR, J. B. **O impacto da reserva legal florestal sobre a agropecuária paranaense, em um ambiente de risco**. Curitiba: Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2004.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Pagamentos por serviços ambientais**. In: PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. (Eds.). *Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil*. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. p. 17–27.

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

RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. N.; FIGUEROA, F. V. **Valoração dos danos ambientais advindos da construção de hidrelétricas: o caso da UHE de Estreito**. *Informe GEPEC*, v. 17, n. 2, p. 23–39, 2013.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro Ambiental Rural: edição especial de 4 anos do CAR: Boletim Informativo**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/3657-boletim-informativo-edicao-especial-4-anos-car/file>>. Acesso em: 15 set. 2021.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. **Cracking Brazil's Forest Code**. *Science*, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 2014.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; BARRETTO, A. G. O. P.; KLUG, I. L. F. **The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation?** *Environmental Science & Policy*, v. 16, p. 65–72, 2012.

Submetido em 26/09/2021.

Aprovado em 20/05/2022.