

Redução de emissões de carbono por desmatamento evitado na amazônia brasileira: uma abordagem baseada no cenário Business-as-Usual (BAU)

Vanessa da Paixão Alves¹ Marcelo Bentes Diniz²

¹ Doutora em Economia, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, Pará – Brasil. alves8814@gmail.com

² Doutor em Economia, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, Pará – Brasil. mbdiniz2007@gmail.com

Cite como

American Psychological Association (APA)

Alves, V. da P., & Diniz, M. B. (2022). Redução de emissões de carbono por desmatamento evitado na amazônia brasileira: uma abordagem baseada no cenário Business-as-Usual (BAU). *Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS*, 11(1), 1-23, e19817. <https://doi.org/10.5585/geas.v11i1.19817>.

Resumo

Objetivo: O Brasil, historicamente, tem como principal fonte de emissão de GEE aquelas decorrentes de mudanças no uso da terra (MUT), fortemente correlacionado com o desmatamento na Amazônia, que pode comprometer as Emissões Reduzidas (ER) estabelecidas na Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida apresentada no chamado Acordo de Paris. Este estudo teve por objetivo analisar o cenário Business-as-Usual (cenário BAU) por meio da projeção de emissões de CO₂ reduzidas por desmatamento evitado originário de mudanças de uso da terra da Amazônia Brasileira.

Metodologia: São realizadas estimativas de valores de ER referentes à linha de base histórica do desmatamento do período de 2006 a 2020, além da projeção do cenário BAU baseada no modelo de regressão linear dos dados das ER de 2021 a 2030.

Relevância: Estudos de cenários para o desmatamento são fundamentais, e este, em especial, consistiu em responder como se configurariam as emissões por desmatamento se nada se alterasse no futuro em relação ao cenário habitual ou cenário BAU.

Resultados: Em um cenário pessimista com altas taxas de desmatamento, as estimativas do cenário BAU seriam: -121,85 e -271,31 MtCO₂ em 2025 e 2030, respectivamente. Ademais, as metas de ER para os anos 2020 (154,7 MtCO₂), 2025 (719 MtCO₂) e 2030 (887 MtCO₂) estariam superestimadas, contrariando os objetivos de mitigação de emissões.

Conclusão: A principal conclusão do estudo é que, em um contexto de retorno das altas taxas de desmatamento na Amazônia, o Brasil ainda tem um grande desafio para alcançar os níveis desejados de emissões de GEE.

Palavras-chave: Emissões reduzidas. Desmatamento evitado. Business-as-Usual. Mudança de uso da Terra.

Reducing carbon emissions from avoided deforestation in the Brazilian Amazon: an approach based on the Business-as-Usual (BAU) Scenario

Abstract

Objective: Historically, Brazil's largest source of GHG comes from changes in land use, strongly correlated with deforestation in the Amazon, which can compromise the Reduced Emissions (RE) established in the Intended Nationally Determined Contribution presented in the so-called Agreement from Paris. This study aimed to analyze the Business-as-Usual scenario (BAU scenario), projecting the reduced CO₂ emissions from avoided deforestation originating from Land Use Changes in the Brazilian Amazon.

Methodology: Estimates of RE values referring to the historical baseline of deforestation from 2006 to 2020. In addition, the projection of the BAU scenario is based on the linear regression model of RE data from 2021 to 2030.





Relevance: Studies of deforestation scenarios are fundamental. Especially, this one consists of answering how emissions from deforestation would be configured if nothing changed in the future concerning the usual scenario or BAU scenario.

Results: In a pessimistic scenario with high deforestation rates, the BAU Scenario estimates would be: – 121.85 and – 271.31 MtCO₂ in 2025 and 2030, respectively. Furthermore, the RE targets for the years: 2020 (154.7 MtCO₂), 2025 (719 MtCO₂), and 2030 (887 MtCO₂) would be overestimated, contradicting the emission mitigation goals.

Conclusion: The main conclusion of the study is that in the context of the return of the high rates of deforestation in the Amazon, Brazil still has a great challenge to reach the desired levels of GHG emissions.

Keywords: Reduced emissions. Avoided deforestation. Business-as-Usual. Land use change.

Reducción de las emisiones de carbono derivadas de la deforestación evitada en la Amazonía brasileña: un enfoque basado en el escenario Business-as-Usual (BAU)

Resumen

Objetivo: Históricamente, la mayor fuente de GEI de Brasil proviene de cambios en el uso de la tierra, fuertemente correlacionados con la deforestación en la Amazonía, que puede comprometer las Emisiones Reducidas (ER) establecidas en la Contribución Prevista Determinada Nacionalmente presentada en el llamado Acuerdo de París. Este estudio tuvo como objetivo analizar el escenario Business-as-Usual (escenario BAU), proyectando las emisiones reducidas de CO₂ de la deforestación evitada originada por los cambios de uso del suelo en la Amazonía brasileña.

Metodología: Estimaciones de los valores de ER referentes a la línea base histórica de deforestación de 2006 a 2020. Además, la proyección del escenario BAU se basa en el modelo de regresión lineal de los datos de ER de 2021 a 2030.

Relevancia: Los estudios de escenarios de deforestación son fundamentales. Especialmente, éste consiste en responder cómo se configurarían las emisiones por deforestación si nada cambiara en el futuro respecto al escenario habitual o escenario BAU.

Resultados: En un escenario pesimista con altas tasas de deforestación, las estimaciones del Escenario BAU serían: –121,85 y –271,31 MtCO₂ en 2025 y 2030, respectivamente. Además, los objetivos de ER para los años: 2020 (154,7 MtCO₂), 2025 (719 MtCO₂) y 2030 (887 MtCO₂) se sobrestimarían, contradiciendo los objetivos de mitigación de emisiones.

Conclusión: La principal conclusión del estudio es que en el contexto del retorno de las altas tasas de deforestación en la Amazonía, Brasil aún tiene un gran desafío para alcanzar los niveles deseados de emisiones de GEI.

Palabras clave: Emisiones reducidas. Deforestación evitada. Business-as-Usual. Cambio de uso del suelo.

Introdução

O tema das reduções de emissões provenientes do desmatamento nos países em desenvolvimento foi introduzido pela primeira vez na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (COP 11), realizada em Montreal, em 2005, com uma proposta apoiada pelos governos da Papua Nova Guiné e Costa Rica, entre outros, em virtude das constatações do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) a respeito da magnitude das emissões por desmatamento.

Desde então, houve o entendimento da maioria dos países sobre a importância da mitigação das mudanças climáticas, particularmente relacionada ao grande potencial para a redução das emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE) nos países em desenvolvimento (World Bank, 2015).



Posteriormente, um acordo firmado na COP 13, de modo a lançar um programa de trabalho formal, nos termos do plano de Ação de Bali de 2007, passou a envolver abordagens de políticas e incentivos positivos à Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), incluindo a redução do desmatamento e da degradação florestal, o papel da conservação e do manejo sustentável das florestas e o aumento dos estoques de carbono florestal nos países em desenvolvimento (Pavan & Cenamo, 2012; World Bank, 2015; WWF, 2016). Ademais, esse mecanismo se fundamenta na ideia de incentivar políticas para recompensar os países ou os projetos que visam reduzir as emissões por desmatamento e degradação florestal, contribuindo para aumentar os estoques de carbono florestal (Angelsen, 2008; Angelsen et al., 2013; Young, 2016).

Nesse âmbito, o desmatamento das florestas tropicais, em particular, no bioma Amazônia, ganhou grande destaque nas discussões internacionais a partir das evidências científicas sobre o impacto causado às condições de estabilidade do clima do planeta. Esse desequilíbrio acontece muito em função do papel exercido pelos ecossistemas florestais para a regulação do ciclo do carbono devido à capacidade de retenção dos GEE na biomassa, na superfície e abaixo do solo.

A fim de adotar ações em prol do desenvolvimento de baixo carbono, o governo brasileiro deu um passo histórico com a aprovação da Lei Federal 12.187, em 29 de dezembro de 2009, que estabeleceu a Política Nacional sobre Mudança Climática (PNMC). Essa política visa compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção do sistema climático, reduzindo as emissões antrópicas de GEE de diferentes fontes.

Na literatura relevante sobre o assunto, os modelos que buscam investigar os vetores de desmatamento incluíram um grande número de variáveis (Kaimowitz & Angelsen, 1998; Nepstad et al., 2009; Wunder et al., 2008; Dias, Dias & Magnusson, 2015), que são indicadores que ajudam na configuração de linhas de base ou níveis de referência para a mitigação das emissões por desmatamento.

Um dos pontos levantados no Plano de Ação de Bali é a importância do desenvolvimento de estudos de cenários para o desmatamento, com a ideia fundamentada no cenário *Business-as-Usual* (cenário BAU), que consiste em responder como se configurariam as emissões oriundas do desmatamento se nada se alterasse no futuro em relação ao cenário habitual. Desse modo, essa abordagem considera uma estimativa de emissões baseada em um cenário hipotético, considerando que não há nenhuma medida sendo adotada no sentido de promover a mitigação do desmatamento.

Considerando esses aspectos, é fundamental a avaliação do potencial de redução das emissões de carbono, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), considerando a manutenção da floresta amazônica em pé. Nessa direção, o objetivo deste artigo é analisar o cenário *Business-as-Usual* (cenário BAU) por meio da projeção de emissões de CO₂





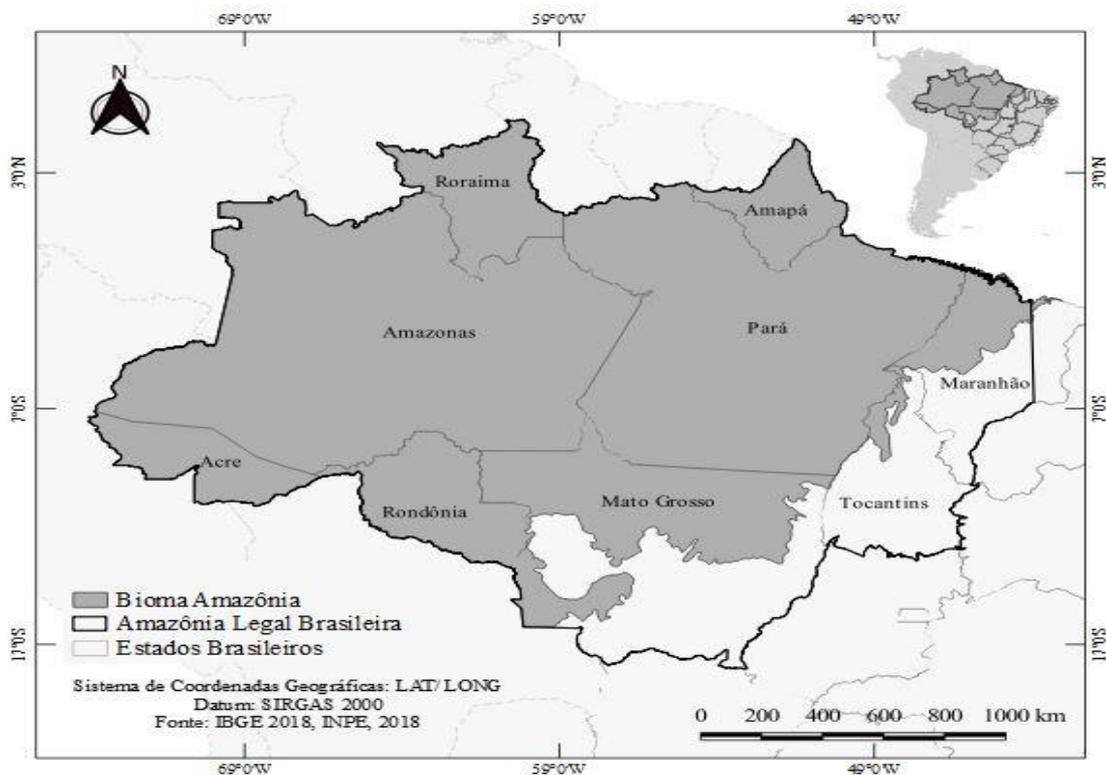
reduzidas provenientes das taxas históricas de desmatamento evitado originário de mudanças de uso da terra da Amazônia Brasileira.

A importância da Amazônia Brasileira

A Amazônia Legal Brasileira, cobrindo cerca de 60% do país (~ 5,0 milhões de km²), foi inicialmente definida em 1953 (Lei 1.806 de 06.01.1953) como um critério geopolítico para desenvolver projetos governamentais na região. Assim, a Amazônia Legal incluiu naquele dispositivo Legal o total dos territórios dos estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Pará, bem como dos então Territórios Federais do Amapá e Roraima e partes dos estados do Maranhão (porção oeste do meridiano 44º), Mato Grosso (ao norte do paralelo 16º, latitude sul) e oeste de Goiás à época (norte do paralelo 13º, latitude sul), que mais tarde veio a integrar o estado do Tocantins¹. Já o bioma Amazônia é a região definida essencialmente por critérios ecológicos, representando a área ocupada pelas florestas tropicais (Nogueira et al., 2015). A Figura 1 demonstra o espaço geográfico que abarca o bioma Amazônia, a Amazônia Legal e os estados brasileiros.

Figura 1

Bioma Amazônia, Amazônia Legal Brasileira e Estados Brasileiros



Fonte: Elaboração própria (2019).

¹Modificações dessa configuração inicial ocorreram com a Lei Complementar nº 31 de 11.10.1977, por meio da qual se incorporou à Amazônia Legal toda a área do estado do Mato Grosso, e com a própria Constituição de 1988, que previu a criação do estado de Tocantins e transformou os Territórios Federais de Roraima e Amapá em estados.



O bioma Amazônia fornece vários serviços ecossistêmicos de importância crucial para a humanidade. De acordo com a classificação da Avaliação Ecológica do Milênio (Scholes & Ash, 2005), os principais serviços ecossistêmicos fornecidos pela floresta Amazônica podem ser classificados da seguinte forma: i) suporte à vida humana: biodiversidade, solo e água; (ii) serviços de regulação, como, por exemplo, regulação do clima, serviços hidrológicos, retenção de nutrientes, sequestro de carbono; (iii) serviços de fornecimento, como produtos florestais madeireiros e não-madeireiros; e iv) serviços culturais, como valores de não uso, recreação e ecoturismo. As funções de suporte à vida dos ecossistemas são consideradas “serviços intermediários”, pois permitem que os indivíduos usem as outras três categorias de serviços.

Importa dizer que os estudos empíricos acerca dos serviços ecossistêmicos da região têm enfatizado mais os serviços de regulação relacionados ao papel da floresta em pé como sumidouro de carbono (Saatchi et al., 2007; Killen & Portela, 2010), embora existam estudos direcionados a outros serviços (Roma et al. 2013; PBMC, 2018; Joly et al. 2019).

O impacto nos inúmeros serviços ecossistêmicos devido à degradação ambiental causada pela expansão da produção predatória foi acelerado no ano de 2020, marcado pelo recrudescimento do desmatamento. O avanço da fronteira agrícola é a principal causa desse processo, e a desregulamentação da proteção ambiental em curso agrava esse processo (Freitas, 2020). Contudo, essa expansão de área contribui muito pouco para a economia, uma vez que a área queimada é destinada em sua maioria para pastagens de baixa qualidade e pouca produtividade (Rajão et al., 2020). Nesse contexto, o argumento de que é necessário abrir novas áreas de floresta para aumentar a produção agropecuária não se sustenta, uma vez que já existe uma enorme área aberta que vem sendo mal utilizada. O fim do desmatamento na Amazônia, além de contribuir com a mitigação da mudança climática, será fundamental para aumento da produtividade agrícola no futuro (IPAM, 2017).

Nessa direção, do ponto de vista de uma análise custo-benefício, assevera-se que um baixo valor de mercado pago pelo crédito de carbono não geraria incentivo às reduções de emissões, já que o custo de oportunidade em termos da renda anual que teria que ser sacrificada por não explorar economicamente a terra em troca da lucratividade da atividade agropecuária no momento atual é muito elevado (Alves, 2019).

A perda de *habitats* naturais também traz impactos negativos para o extrativismo, tanto de produtos madeireiros quanto não-madeireiros, incluindo Unidades de Conservação de uso sustentável com potencial de exploração comercial de madeira ou para uso por populações tradicionais ligadas à exploração de recursos naturais para subsistência (Ferrante & Fearnside, 2019; Young & Spanholi, 2020).

Além disso, é importante observar que os serviços ecossistêmicos de que provém uma gama de benefícios que não se limitam ao espaço geográfico da região amazônica podem





ser considerados bens públicos globais, ao passo que os benefícios sociais gerados com a manutenção da floresta em pé estariam à disposição não somente dos residentes locais (Diniz, Alves & Diniz, 2018; Diniz & Diniz, 2019). Sob essa perspectiva, inclusive, o desmatamento ou suas implicações ambientais, em termos das perdas das funções ecossistêmicas e da biodiversidade, ganham um caráter de mal público, pois geram perda de bem-estar de forma não diferenciada, independente da região geográfica que abarca o ecossistema. Nesse sentido, evidencia-se um aspecto importante da governança da região, pois integra a Amazônia, na busca do desenvolvimento sustentável ao nível global (Sachs, 2008; Lago et al., 2012).

Emissões de GEE no Brasil: tendências e principais fontes

As emissões brasileiras no contexto de emissões globais entre os anos de 1990 e 2014 foram de 4% a 5% (emissões brutas e líquidas), com grande variação, chegando ao pico de 8% das emissões globais em 2003. A emissão *per capita* brasileira permaneceu acima da emissão *per capita* global em todo o período, exceto em 2010, quando as emissões brasileiras eram iguais ao nível global (cerca de 7,5 tCO₂/*per capita*/ano), permanecendo entre 6 e 8 tCO₂/*per capita* desde então (Observatório do Clima, 2016).

Segundo os dados do IBGE (2020), o Brasil atingiu uma população de 204,5 milhões, um PIB de US\$ 1,8 trilhões e um PIB *per capita* de US\$ 8,8mil em 2015. Neste ano, o país emitiu aproximadamente 1,9 bilhões de tCO₂, 9,7 tCO₂/*per capita* e 1,1 tCO₂ para cada US\$ 1 mil do PIB (intensidade de carbono por PIB nacional).

As emissões brutas de CO₂ brasileiras, equivalentes ao Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*), passaram de 1,65 bilhão para 2,17 bilhões de toneladas entre 1990 e 2016, um aumento de 32%. Durante esse período, o Brasil emitiu um total de cerca de 60 bilhões tCO₂. Assevera-se que a trajetória de emissões teve diferentes períodos de crescimento e redução de emissão, superando 2,5 bilhões de tCO₂ em 1995 e 3,8 bilhões em 2004 e caindo para menos da metade deste valor (1,8 bilhão tCO₂) em 2012 (Observatório do Clima, 2016).

Em 2019, o aumento das emissões brutas de gases de efeito estufa do Brasil foi de 9,6%. O país lançou na atmosfera 2,17 bilhões de toneladas de CO₂, contra 1,98 bilhão em 2018. O PIB nacional no mesmo ano subiu 1,1%, indicando que as emissões no Brasil, diferentemente das da maioria das outras grandes economias, estão descoladas de uma melhor condição socioambiental.

Observando as emissões globais, o Brasil ocupa o 6º lugar entre os maiores emissores, com 3,2% do total mundial. Excluindo o bloco de 28 países da União Europeia, o Brasil tornou-se o quinto emissor. Em 2019, a média de emissão de CO₂ por brasileiro foi de



10,4 toneladas brutas, contra 7,1 tCO₂/per capita da média mundial. Devido ao desmatamento, a emissão per capita de estados amazônicos como Mato Grosso, Rondônia e Roraima foi de três a seis vezes maior do que a dos EUA. No que tange à intensidade de carbono da economia, evidencia-se um crescimento de 3% entre 2018 e 2019. Dessa forma, o país gera menos riqueza para cada tonelada de carbono emitida. O aumento da intensidade de emissões por unidade de PIB ocorre também pelo agravamento do processo de desmatamento, sobretudo por atividades ilegais e que geram pouca riqueza.

O desmatamento, em especial na Amazônia, puxou o crescimento das emissões em 2019. A quantidade de gases de efeito estufa lançada na atmosfera pelo setor de mudança de uso da terra aumentou 23% naquele ano, atingindo 968 milhões de toneladas de CO₂ contra 788 milhões em 2018. Em 2019, as alterações do uso da terra continuam sendo a principal fonte de emissões brutas no Brasil (44% do total), seguidas dos setores agropecuário, com 598,7 milhões (28% do total), energético, com 413,7 milhões (19%), industrial, com 99 milhões (5%), e de resíduos, com 96,1 milhões (4%) (Observatório do Clima, 2020).

Em particular o setor de mudança de uso da terra apresenta grandes variações nas emissões ao longo do tempo devido à dinâmica do desmatamento, enquanto nos demais setores verifica-se um crescimento contínuo das emissões desde a década de 1990. Sobre essa tendência, as emissões estão fortemente associadas à dinâmica do desmatamento da cobertura florestal original nesses biomas, principalmente devido ao impacto da atividade agropecuária sobre eles (Observatório do Clima, 2016). A maior parte das emissões brutas (93%) é causada por alterações de uso do solo, sobretudo em virtude do desmatamento no bioma Amazônia, que concentra 87% (841 MtCO₂) das emissões brutas do setor.

Segundo estudo de Azevedo et al. (2020), o desmatamento na Amazônia pode ser utilizado como Proxy para entender o comportamento das emissões no setor de mudança de uso da terra. Nesses termos, os autores inferiram que, considerando um cenário mais conservador, o Brasil terá um aumento estimado de 226 MtCO₂ nas emissões brutas para o setor de mudanças de uso da terra em 2020 com relação a 2018, o que representa um aumento de 29%. Se a área desmatada seguir o mesmo padrão de 2019, o Brasil terá um aumento nas emissões brutas por desmatamento estimado de 396 MtCO₂, ou 51% a mais com relação a 2018.

Políticas públicas em prol da redução do desmatamento e das emissões de gases de efeito estufa

Segundo Barreto & Araújo (2012), quando se associa o desmatamento ao crescimento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, mobilizam-se, entre uma série de medidas, esforços institucionais internos com a criação do Plano de Ação para a Prevenção



e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), ganhando maior eficiência e resultados mais concretos para a queda sustentada do desmatamento.

De fato, o primeiro plano articulado de combate ao desmatamento na Amazônia foi o PPCDAm, lançado em março de 2004, o qual surgiu como resposta do governo federal devido às altas taxas de desmatamento no início dos anos 2000 e à pressão da sociedade civil, inclusive, internacional, para o controle do desmatamento.

Ao longo de dois anos, o PPCDAm realizou uma série de ações importantes, entre elas (Moutinho et al., 2011): criou Áreas de Conservação Federal (Unidades de Conservação), incluindo 25 milhões de hectares de áreas sob pressão devido à expansão do desmatamento; negou 60 mil títulos de terra que não estavam registrados no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); conduziu centenas de operações de *enforcement* através do IBAMA em conjunto com a polícia federal, o exército, a força nacional de segurança, entre outras agências, utilizando ferramentas de monitoramento e inteligência, e criou o Fundo Amazônia (Decreto Federal 6.527, de 2008) com o objetivo de captar recursos para ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e promover a conservação e o uso sustentável no bioma Amazônia (Observatório do Clima, 2016).

Embora a literatura indique outros fatores que contribuíram para a redução do desmatamento na segunda metade da década de 2000, parte da redução foi atribuída ao PPCDAm e a seus desdobramentos (Arima et al., 2014; Nepstad et al., 2014; Ferreira & Coelho, 2015). Entre 2004 e 2010, houve uma redução de 76% na área desmatada na Amazônia, segundo o INPE. Entre os resultados mais notáveis, está à redução da taxa de desmatamento em cerca de 80% em 2015 em relação ao início do plano em 2004 (MMA, 2015).

Alinhado com essas ações, o governo brasileiro aprovou em 2009 a Lei Federal 12.187, que estabeleceu a Política Nacional sobre Mudança Climática (PNMC). Essa política visa compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção do sistema climático, reduzindo as emissões antrópicas de GEE de diferentes fontes. Seus objetivos estão alinhados com a promoção do desenvolvimento sustentável e da pesquisa científico-tecnológica, bem como com a disseminação de tecnologias, processos e práticas voltadas à mitigação da mudança climática, reduzindo as emissões em sua origem e ampliando os sumidouros de carbono.

De acordo com o artigo 12 da lei que criou a PNMC, o Brasil passou a adotar ações para mitigar as emissões, com a intenção de reduzir entre 36,1 e 38,9% de suas emissões projetadas até 2020 (o que equivale a uma redução de 17% em relação aos níveis de 2005). Esse objetivo inclui a meta de redução de 80% do desmatamento na Amazônia, relativa à média verificada entre 1996 e 2005, conforme definido no Plano Nacional de Mudanças Climáticas, lançado em dezembro de 2008 (Moutinho et al., 2011).



Um dos objetivos propostos pelo plano é a redução sustentada das taxas de desmatamento na Amazônia, atingindo o desmatamento ilegal zero, além de eliminar a perda líquida de cobertura vegetal (Pavan & Cenamo, 2012; Arima et al., 2014). Com o passar do tempo, o plano foi totalmente incorporado à Política Nacional sobre Mudança do Clima, o que permitiu ao Brasil garantir sua elegibilidade na criação de mecanismos de REDD (Moutinho et al., 2011). Apesar da criação dessas medidas ambientais, o Brasil teve em 2020 uma trajetória crescente de emissões de GEE, seguindo no sentido oposto da forte retração prevista para a economia brasileira e global, indo na contramão das metas da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Azevedo et al., 2020).

Posteriormente, o Brasil apresentou sua proposta de meta doméstica de redução de emissões de GEE, a NDC (então chamada INDC ou Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida), à UNFCCC no final de 2015. A NDC identifica as ações governamentais para a redução de emissões, acordadas anteriormente durante a 21ª Conferência das Partes (COP 21) da UNFCCC, ocorrida em Paris em dezembro de 2015.

Como resultado do acordo, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões em 37% até 2025, com uma indicação de atingir 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Ademais, pelos dados presentes no documento “Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC”, do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016), até 2030 a expectativa é aumentar em 107% as emissões no setor de energia, 1% no setor de agropecuária, reduzir em 111% as emissões líquidas do setor MUT (redução de 90% das emissões brutas), aumentar em 29% as emissões de processos industriais e 17% os GEE de tratamento de resíduos (sempre em relação ao ano de 2005).

Apesar dos compromissos firmados, o país até hoje não apresentou seu plano de implementação da primeira NDC, chegando ao ano de 2020 com uma trajetória de emissões oposta ao preconizado no Acordo de Paris (Observatório do Clima, 2020). O crescimento das queimadas em 2020 foi de tal dimensão que tornará o Brasil um dos poucos países do mundo a expandir emissões de GEE mesmo em um contexto de pandemia de covid-19 (Azevedo et al., 2020).

Acerca da conjuntura política recente, o governo brasileiro passou a adotar várias medidas que vêm enfraquecendo a governança ambiental de proteção às florestas que foi criada nas últimas décadas, incluindo a anistia de terras desmatadas no passado, a redução de áreas protegidas, o enfraquecimento do licenciamento ambiental e a paralisação das demarcações de terras indígenas (Carvalho et al., 2019; Ferrante & Fearnside, 2019; Pereira et al. 2019; Reydon, Fernandes & Telles, 2020; Observatório do Clima, 2020).

A respeito dessa tendência, a situação piorou drasticamente com a administração recente do governo federal que toma medidas que afetam diretamente as políticas ambientais,





como: a extinção da Secretaria de Mudanças Climáticas e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (janeiro de 2019); a redução orçamentária do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (abril de 2019); a mudança na composição do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a redução da representação da sociedade civil (maio de 2019); um discurso agressivo em relação aos povos indígenas e suas terras, o que induz ao aumento das atividades ilícitas de grileiros, pequenos garimpeiros e madeireiros criminosamente organizados; a tentativa de alteração da destinação do Fundo Amazônia para indenizar desapropriação de terras (maio de 2019) e a consequente suspensão do aporte ao fundo pelos doadores (Noruega e Alemanha) (agosto de 2019), entre outras ações (Viola & Gonçalves, 2019; Ferrante & Fearnside, 2019).

Além disso, estudo recente acerca do desmatamento entre 2019 e 2020, no qual se constata que este tem avançado em áreas até então consideradas menos recorrentes ao seu avanço, como: áreas protegidas, terras indígenas e unidades de conservação; áreas privadas cujas propriedades constam no Cadastro Ambiental Rural e mesmo em áreas de preservação permanente e reserva legal (Azevedo et al. 2021), o que reforça a tese de que houve nesse período uma queda do poder de *enforcement* das autoridades ambientais no país.

O aumento do desmatamento na Amazônia, segundo o Sistema INPE DETER, no período junho-agosto de 2019 em relação a 2018, foi de 90% em junho, 278% em julho e 222% em agosto (Viola & Gonçalves, 2019).

Assim, não é forçoso afirmar que ações atualmente propostas pelo executivo federal podem gerar efeitos nocivos às florestas, à biodiversidade e aos povos tradicionais, incluindo povos indígenas, quilombolas e ribeirinhos. Isso põe em alerta as entidades financiadoras internacionais no que tange à avaliação dos riscos de investimentos em projetos que causam desmatamento e conflitos de terra, contribuindo para o aquecimento global e as violações de direitos humanos. A mesma preocupação deve influenciar empresas e países que importam soja, carne e minérios do Brasil. As responsabilidades dos vários atores internacionais serão um assunto crítico à medida que a história se desenrola na Amazônia Brasileira nos próximos anos (Ferrante & Fearnside, 2019).

Metodologia

Estimativa da redução de emissão de carbono por desmatamento evitado

A linha de base histórica, considerando as taxas de desmatamento da Amazônia Brasileira fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020), foi usada para calcular as emissões reduzidas de CO₂ entre 2006 e 2020.

De acordo com a metodologia proposta em projetos para captação de recursos do Fundo Amazônia (SFB, 2013), com o objetivo de calcular a linha de base do desmatamento



evitado, adotou-se um parâmetro baseado na média dos desmatamentos em um período de dez anos, a Taxa Média de Desmatamento (TMD), a qual será subtraída das Taxas de Desmatamento anuais (TDs). Esses decênios são atualizados a cada cinco anos. Por exemplo, a TMD para os anos entre 1996 e 2005 será subtraída das TDs, para cada ano entre 2006 e 2010. No período subsequente, a TMD entre 2001 e 2010 será subtraída das TDs entre 2011 e 2015. Por fim, a TMD entre 2006 e 2015 será subtraída das TDs entre 2016 e 2020.

De posse das estimativas, as emissões de carbono reduzidas (ER) resultam da multiplicação da área de desmatamento reduzido ou evitado (TMD – TD) pelo estoque de carbono na biomassa (tC/ha). A fórmula matemática do cálculo pode ser representada da seguinte forma:

$$ER = (TMD - TD) * tC/ha \quad (1)$$

Onde ER representa as emissões reduzidas de carbono por desmatamento evitado; TMD é a taxa média de desmatamento; TD é a taxa anual de desmatamento; e tC/ha representa as toneladas de carbono por hectare de floresta.

Acerca das emissões da maioria dos gases de efeito estufa, estes podem ser mensurados em termos da massa molecular total do gás, isto é, as unidades de dióxido de carbono que podem ser convertidas em unidades de carbono por meio da divisão por 44/12, ou 3,67 (EIA, 1997). Nesse sentido, por razões metodológicas, o Fundo Amazônia estabeleceu um equivalente de 100 tC/ha de biomassa, que representa 367 tCO₂/ha, com base na conversão do fator de C para CO₂ (= 3,67) (SFB, 2013).

Método para estimar as linhas de base de reduções de emissões

Um dos elementos-chave para determinar as reduções de emissões é o estabelecimento de uma linha de base nacional. Acerca disso, há um debate sobre a terminologia do termo “linha de base” que tem pelo menos três significados diferentes: linha de base histórica que representa emissões de CO₂ provenientes das taxas de desmatamento e degradação (DD) em determinado período; linha de base que representa o cenário de referência ou *Business-as-Usual* (cenário BAU), que projeta as tendências passadas para simular como as emissões poderiam evoluir se nada se alterasse no futuro, ou seja, se nada for feito para o enfrentamento do problema do desmatamento; e linha de base de crédito (por exemplo, como uma cota de emissões) que serve como referência para recompensar um país (ou projeto) se as emissões estão abaixo do nível desejado (cota de emissão) ou não resultam em recompensa se houver déficit devido aos altos níveis de emissão.





Angelsen (2008), em estudo para precificação do carbono no mercado de créditos desse ativo proveniente de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD), argumenta que aqueles que demandam as reduções de emissões devem ter um incentivo para reduzir o desmatamento a um nível em que o custo marginal de redução (a curva de oferta nacional de emissões reduzidas) se iguala à compensação internacional, que pode ser representada pelo preço de mercado por REDD (crédito de REDD).

Com base nisso, a Figura 2 mostra o ganho monetário do produtor (excedente do produtor) quando participa do mercado de carbono. O mercado de carbono é um mecanismo que foi criado pelo Protocolo de Quioto para ajudar países desenvolvidos a alcançarem suas metas de redução de GEE. Os países emissores de GEE podem compensar suas emissões a partir da compra de permissões de emissão ou créditos de carbono gerados em outros locais.

Cada crédito de carbono equivale ao sequestro de uma tonelada de CO₂ da atmosfera, por exemplo, através da sua fixação na biomassa das árvores em crescimento. Para países em desenvolvimento, como o Brasil, o mercado de carbono é regulado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no qual são desenvolvidos projetos para sequestro ou redução de GEE.

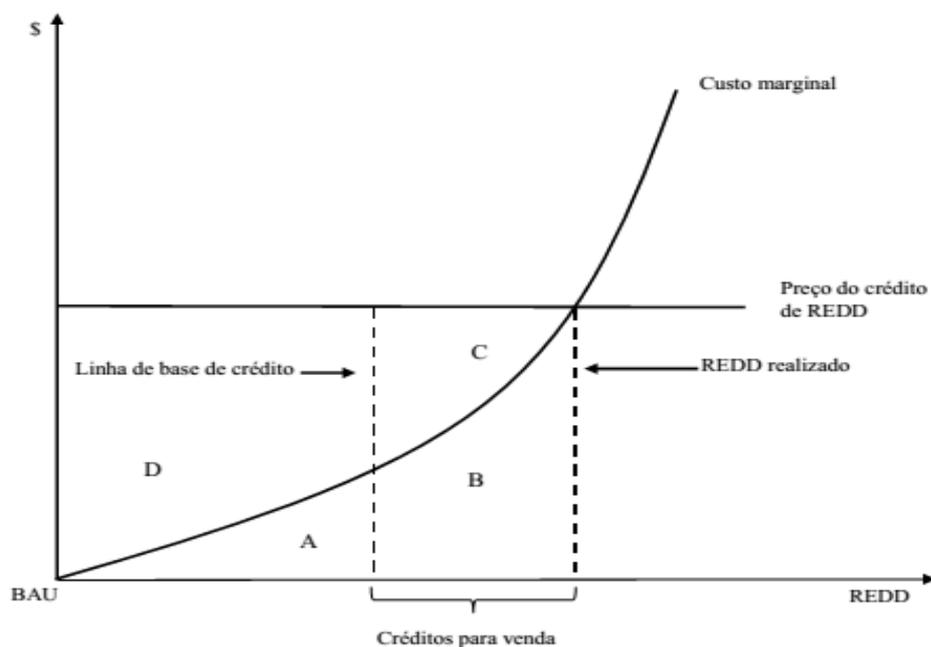
Além do MDL, existem projetos desenvolvidos no chamado mercado voluntário, em que ocorre a compra de créditos de carbono por empresas interessadas em compensar suas emissões de GEE por meio da negociação de créditos, por exemplo, na Bolsa do Clima de Chicago (CCX) ou em contratos firmados diretamente entre as partes envolvidas no projeto (Pereira et al., 2010).

Postula-se que o custo marginal da redução do desmatamento começa em zero e aumenta à medida que as reduções se tornam mais caras. Assim, dado um preço internacional para o crédito de REDD, um país reduzirá as emissões por desmatamento até o ponto em que o custo marginal se iguala ao preço pago pelo crédito de carbono (REDD realizado).



Figura 2

Linha de base de crédito



Fonte: Angelsen (2008).

Qualquer ponto acima da curva de custo marginal e abaixo da curva de benefício marginal (preço do crédito de REDD) será um ganho para o produtor. Se a linha de base de crédito for igual ao nível do cenário BAU, o benefício (receita) será $D + C$ (renda igual à área $A + B + C + D$, enquanto os custos são iguais às áreas $A + B$). Se a linha de crédito for diferente do nível do cenário BAU, os ganhos dos produtores (projetos de REDD) serão representados pela área $C - A$ (a renda será a área $B + C$ e o custo será a área $A + B$). Assim, para obter ganhos positivos, a renda projetada (área C) deve ser maior que o custo (área A).

Tendo em vista o arcabouço teórico, a linha de base do cenário BAU é, portanto, uma referência para dar subsídios à avaliação do impacto da redução de emissões, enquanto a linha de base de crédito é a referência para o valor monetário potencial com a venda de créditos de REDD. Dito de outra forma, este último representa o quanto pode ser pago pelo resultado de REDD alcançado em determinado período. Do ponto de vista econômico, considerando que os países não podem influenciar o preço de mercado do crédito de carbono, pode-se admitir que o custo marginal se iguale ao benefício marginal (preço pago pelo crédito) da venda desse ativo, o que permite calcular o valor potencial atribuído a resultados alcançados com a redução das emissões de carbono por desmatamento evitado.





Projeções do cenário BAU

Com base nos fundamentos descritos na última seção, a metodologia proposta neste trabalho estima as projeções do cenário *Business-as-Usual* (cenário BAU) tendo como referência as projeções dos valores de ER no período de 2006 a 2020 com base na equação da regressão linear, como descrito a seguir:

Modelo Linear:

$$ER_i = \alpha + \beta t_i + e_i \quad (2)$$

Onde ER_i é a variável emissões reduzidas no período i , que assume valores estimados a partir das equações de regressão em função da variável tempo t_i no período i , que assume os valores 1,2,3, ... n , de acordo com a ordem cronológica das n observações de ER ; e_i é o termo de erro aleatório; α é o intercepto ou constante do modelo; e β é o coeficiente de tendência da regressão.

As possíveis trajetórias de oferta de ER projetadas para a Amazônia são estimadas considerando as reduções de emissões de GEE, as quais têm sido historicamente associadas à mudança no uso da terra, sobretudo desmatamento.

Os resultados dos valores projetados são comparados aos níveis de redução de emissão de CO_2 esperados com o declínio das taxas de desmatamento da Amazônia, considerando as metas de redução definidas pelo governo. O cálculo da queda das emissões para a Amazônia referente aos anos 2025 e 2030 considera os percentuais de variação publicados no MMA (2016) com base nos dados gerados pelo Sistema de Estimativa de Emissões de Efeito Estufa (SEEG, 2019).

Por último, usando as projeções do cenário BAU, um fator-chave a considerar é a valoração das reduções de emissões de CO_2 do setor MUT, que representa as trajetórias para a curva de oferta de créditos por reduções de emissões da Amazônia até 2030. Para esse cálculo foi utilizado o valor mínimo de US\$ 5 e o valor máximo de US\$ 15 por tonelada de CO_2 . Esses valores fundamentam-se no preço padrão de US\$ 5 norte-americanos por tonelada de dióxido de carbono correspondente as emissões evitadas no país utilizado na negociação com doadores internacionais, mediada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para a captação de recursos financeiros para o Fundo Amazônia (SFB, 2013). Ademais, Moutinho et al. (2011), também, calculam o potencial de captação de recursos pela contribuição nacional para a redução de emissões convertidas em “certificados de emissões reduzidas” ou créditos de REDD equivalente a 1 tonelada de dióxido de carbono, utilizando a faixa de valores entre US\$ 5 e US\$ 15 por tonelada.



Resultados e discussões

As emissões reduzidas ER estimadas (ou emissões evitadas) para o período de 2006 a 2020 totalizaram 3,5 bilhões de tCO₂, as quais poderiam ser alocados em "certificados de redução de emissões" ou créditos de REDD (Tabela 1). A comercialização dos créditos geraria uma quantidade potencial de recursos financeiros entre 17,8 e 53,3 bilhões de dólares, considerando um valor mínimo de US\$ 5 e um valor máximo de US\$ 15. Esses valores representam indiretamente uma estimativa do custo do desmatamento evitado na Amazônia até 2020.

Até o final de 2017, o Fundo Amazônia recebeu cerca de 1 bilhão de dólares em doações, 93,3% do governo da Noruega, 6,2% do governo da Alemanha e 0,5% da empresa Petróleo Brasileiro S.A., a Petrobras (Fundo Amazônia, 2017). Assim, em termos comparativos, infere-se que o potencial de captação de recursos relativo a emissões evitadas para a Amazônia excede o volume de recursos financeiros que foram captados pelo Fundo.

Tabela 1

Taxa média de desmatamento (km²), taxa de desmatamento (km²), desmatamento reduzido (km²) e emissões reduzidas de carbono (milhões de toneladas) no bioma Amazônia

Ano	Taxa Média de Desmatamento	Taxa de Desmatamento	Desmatamento Reduzido	Emissão Reduzida
2006	19.625,3	14.286,0	5.339,3	196,0
2007	19.625,3	11.651,0	7.974,3	292,7
2008	19.625,3	12.911,0	6.714,3	246,4
2009	19.625,3	7.464,0	12.161,3	446,3
2010	19.625,3	7.000,0	12.625,3	463,3
2011	16.530,9	6.418,0	10.112,9	371,1
2012	16.530,9	4.571,0	11.959,9	438,9
2013	16.530,9	5.891,0	10.639,9	390,5
2014	16.530,9	5.012,0	11.518,9	422,7
2015	16.530,9	6.207,0	10.323,9	378,9
2016	8.141,1	7.893,0	248,1	9,1
2017	8.141,1	6.624,0	1.517,1	55,7
2018	8.141,1	7.536,0	605,1	22,2
2019	8.141,1	10.129,0	-1.987,9	-73,0
2020	8.141,1	11.088,0	-2.946,9	-108,2
Total	221.486,5	124.681,0	96.805,5	3.552,7

Fonte: Elaboração própria (2020).

A realização da meta brasileira de redução da taxa de desmatamento da Amazônia para um nível igual ou inferior a 3.925 km² até 2020, definida pela PNMC, implicaria na queda das emissões da ordem de 154,7 MtCO₂ [(8.141,1 – 3925) x 100 x 367]. Entretanto, a taxa de desmatamento em 2020 foi de cerca de 11 mil Km², como apontam os dados do INPE (2020). Desse modo, a meta de redução de 80% do desmatamento em relação à média de 1996 a 2005 não foi cumprida em 2020.



Assevera-se que, em 2020, a taxa de desmatamento esteve acima da média do período 2016-2020, resultando em uma estimativa de ER negativa ($-108,2 \text{ MtCO}_2$), o que pode ser entendido como uma inflexão da tendência de mitigação das emissões alcançadas com o desmatamento evitado desde 2006, representando aumentos nas emissões a partir de 2019.

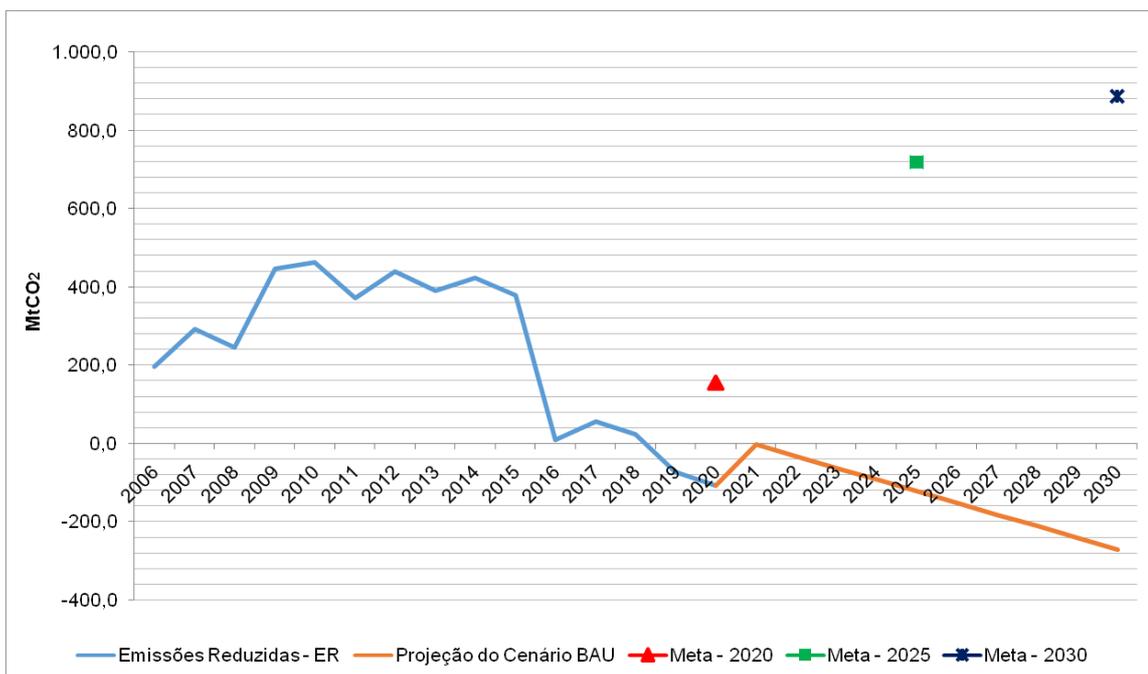
Acerca das metas de redução de emissões brasileiras, segundo a Contribuição Nacionalmente Determinada, espera-se uma redução de 90% ($1.699,5 \text{ MtCO}_2$) das emissões líquidas até 2025 e uma redução de 111% ($2.096,05 \text{ MtCO}_2$) até 2030, em relação aos níveis de 2005 ($1,8 \text{ GtCO}_2$) (MMA, 2016). Assim, as emissões brasileiras originadas de mudança de uso da terra atingiriam $188,8 \text{ MtCO}_2$ em 2025 e $-207,71 \text{ MtCO}_2$ em 2030.

No que consiste à Amazônia, no ano de 2005, a região respondeu por 63,49% ($1,2 \text{ GtCO}_2$) das emissões do setor de MUT nacional (SEEG, 2019), portanto, estima-se uma meta para as ER da região de 719 MtCO_2 em 2025 e 887 MtCO_2 em 2030.

Devido ao aumento das perdas florestais observadas na Amazônia a partir de 2012, sendo uma potencial barreira para a redução das emissões futuras, evidência seque em um cenário pessimista, cenário de alto desmatamento, representado pela trajetória resultante da Projeção do Cenário BAU, as estimativas de ER seriam equivalentes a $-121,85$ e $-271,31 \text{ MtCO}_2$ em 2025 e 2030, respectivamente (Figura 3).

Figura 3

Emissões Reduzidas, projeção do cenário BAU e metas de redução para 2020, 2025 e 2030



Fonte: Elaboração própria (2020).



A partir da regressão linear dos dados de emissões reduzidas – ER, obtiveram-se os resultados para o modelo de tendência linear: $ER_i = -29.89 + 475.98t_i$, $R^2 = 0,43$ e p-valor de 0,000 e 0,008 para α e β , respectivamente. Os resultados indicam que, no período de 2006 a 2020, em média, houve incrementos nas ER a uma taxa absoluta de 475,98 milhões de toneladas, indicando uma tendência positiva. Ou seja, a cada ano, as ER aumentaram cerca de 476 milhões.

Ademais, há a tendência decrescente nas ER, passando a ter valores negativos a partir de 2019, o que pode significar um volume cada vez maior de CO₂ na atmosfera, e, conseqüentemente, que as metas de ER para os anos de 2020 (154,7 MtCO₂), 2025 (719 MtCO₂) e 2030 (887 MtCO₂) estariam superestimadas, considerando a persistência de altas taxas de desmatamento, contrariando, assim, os objetivos de mitigação de emissões pretendidas pelo Brasil no contexto do Acordo de Paris.

Por último, como um exercício de estimação do custo de redução das emissões com base nos valores de CO₂ projetados, infere-se que, no ano de 2025, esse custo seria equivalente a 609,2 milhões e 1,827 bilhões de dólares, considerando valores de US\$5 e US\$15 por tonelada de CO₂, respectivamente. Em 2030, esses valores chegariam a US\$ 1,356 e US\$ 4,069 bilhões.

Considerando as metas para esses anos, evidencia-se que o potencial de redução de emissões (ER segundo a meta por ano menos a ER projetada pelo cenário BAU) por resultados alcançados seria de 597,16 MtCO₂ e 615,71 MtCO₂ em 2025 e 2030, respectivamente. Assim, a hipótese de manutenção da tendência atual de aumento da derrubada florestal ou *Business-as-Usual* implica em níveis cada vez maiores de emissões, o que restringe o potencial de captação de recursos financeiros por resultados alcançados por redução das emissões por desmatamento evitado. Nessa direção, o desafio de mitigação do desmatamento se torna ainda mais crítico diante da ineficiência e da má gestão da política ambiental do atual governo, que vem conduzindo ações deliberadas de desmonte de organismos de controle e de prevenção criados nas últimas décadas no Brasil.

Tendo em vista que as ações no sentido de mitigar o desmatamento na Amazônia possuem um custo de governança ambiental, as estimativas de valor expressam o custo atribuído à conservação da função ecossistêmica de sequestro de carbono fornecido pela floresta amazônica, o que representa a quantificação de valores para a manutenção da floresta em pé.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi analisar o cenário para emissões reduzidas de CO₂ provenientes do desmatamento evitado em virtude de mudanças de uso da terra. Constatou-



se que a comercialização dos créditos provenientes das emissões reduzidas na Amazônia no período entre 2006 e 2020 geraria uma quantidade potencial de recursos financeiros de 17,8 a 53,3 bilhões de dólares. Esses valores representam uma estimativa do custo do desmatamento evitado na Amazônia até 2020, os quais excedem o volume de recursos financeiros que foram captados pelo Fundo Amazônia.

Em 2020, a taxa de desmatamento esteve acima da média do período de 2016 a 2020, ou seja, houve uma inflexão da tendência de mitigação das emissões por desmatamento evitado observada na segunda metade dos anos 2000. Nesse sentido, devido ao aumento das perdas florestais observadas na Amazônia a partir de 2012, inferiu-se que, em um cenário pessimista com altas taxas de desmatamento, as estimativas, segundo uma trajetória de crescimento linear das ER na perspectiva do cenário BAU, seriam equivalentes a $-121,85$ e $-271,31$ MtCO₂ em 2025 e 2030, respectivamente.

Os resultados também indicam que, no período de 2006 a 2020, em média, houve incrementos nas ER a uma taxa absoluta de 475,98 milhões de toneladas, indicando uma tendência positiva. Entretanto, observou-se que a partir de 2019 as estimativas de ER passaram a assumir valores negativos.

Além disso, as metas de ER para os anos de 2020 (154,7 MtCO₂), 2025 (719 MtCO₂) e 2030 (887 MtCO₂) estariam superestimadas, considerando a persistência de altas taxas de desmatamento, contrariando, assim, os objetivos de mitigação de emissões pretendidas no contexto do Acordo de Paris.

Por último, a respeito do exercício de estimativa do custo de redução das emissões com base nos valores de CO₂ projetados, inferiu-se que, no ano de 2025, esse custo seria de 609,2 milhões e 1,827 bilhões de dólares. Em 2030, esses valores chegariam a US\$ 1,356 e US\$ 4.069 bilhões.

Considerando as metas de queda de emissões, evidencia-se que o valor líquido potencial por resultados alcançados seria de 597,16 e 615,71 milhões de toneladas de CO₂ em 2025 e 2030, respectivamente. Nessa direção, ações de governança ambiental com vistas a combater a destruição florestal teriam um papel fundamental para aumentar o potencial de captação de recursos financeiros por resultados alcançados com as reduções de emissões por desmatamento evitado.

Tendo em vista que as ações no sentido de mitigar o desmatamento na Amazônia possuem um custo de governança ambiental, as estimativas de valor expressam o custo atribuído à conservação da função ecossistêmica de sequestro de carbono fornecido pela floresta amazônica, o que representa a quantificação de valores para a manutenção da floresta em pé.



Sobre a dinâmica do desmatamento na região, entende-se que o prejuízo ambiental associado às mudanças de uso da terra, sendo a principal fonte de emissões brasileiras, é uma grande barreira à promoção da queda significativa das emissões futuras no país.

Além do que, apesar dos resultados notáveis com a queda do desmatamento, que possibilitou a geração de um enorme ativo ambiental com a redução das emissões a partir de 2004, as elevadas taxas de perda florestal em anos recentes estão bem acima do nível desejado para atender às políticas ambientais no contexto de mudança climática.

As variações nas emissões podem diferir dos níveis desejados segundo as metas definidas pelo governo, uma vez que os cenários para o desmatamento futuro estão ligados à conjuntura política e econômica do país. Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas futuras acerca do tema abordado no artigo deve acompanhar as mudanças no cenário habitual relativas às trajetórias dos índices de desmatamento e emissões de CO₂ divulgados pelas estatísticas oficiais nos próximos anos com intuito de verificar em que medida elas estão convergindo para os níveis desejados.

Ademais, a estimativa de estoque de carbono por hectare de floresta, utilizada na metodologia de cálculo das Emissões Reduzidas (ER), pode ser refinada com a obtenção de uma série histórica anual dos dados de estoque de carbono, considerando as emissões anuais, para mensurar o estoque líquido de carbono por hectare representativo de floresta.

O estudo de valoração de créditos de REDD poderia ter sido pensado de uma forma desagregada através de estimativas para os estados amazônicos, tendo em vista que estes possuem seus planos estaduais de redução de emissões. Em particular, esse desafio esbarra em limitações de coleta de dados apurados de estoque de carbono devido a muitas variações associadas à heterogeneidade espacial da região, considerando as diversas peculiaridades das diferentes localidades, sendo muito pouco conhecidas as reais quantidades de carbono presentes em toda a região.

Mediante o exposto, as mudanças observadas na conjuntura política, ambiental e econômica do país que caminham no sentido de enfraquecimento da governança ambiental de proteção às florestas podem influenciar negativamente os desmatamentos futuros e, conseqüentemente, na queda das emissões brasileiras. Por todos os aspectos discutidos no artigo, ressalta-se que o Brasil ainda tem um grande desafio para alcançar os níveis desejados de emissões de GEE.

Referências

- Angelsen, A. (2008). *Moving ahead with REDD: issues, options and implications*. Indonésia: CIFOR.
- Angelsen A., Brockhaus, M., Sunderlin, W. D. & Verchot, L. V. (2013). *Análise de REDD+: desafios e escolhas*. Indonésia: CIFOR.





- Arima, E. Y., Barreto P., Araújo, E. & Soares-Filho, B. (2014). Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. *Land use Policy*, 41, 465–473. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.026>
- Alves, V. da P. (2019). *Desmatamento na Amazônia Brasileira: três ensaios sobre o papel da governança para a conservação florestal*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Azevedo, T. et al. (2020). *Impacto da pandemia de covid-19 nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Disponível em: <https://seeg.eco.br/nota-tecnica-covid-19>
- Azevedo, T., Rosa, M. R., Shimbo, J. Z. & Oliveira, M. G. de. (2021). Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>
- Barreto, P. & Araújo, E. (2012). *O Brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento*. Belém: IMAZON. Disponível em: <https://amazon.org.br/publicacoes/1884-2/>
- Carvalho. W. D., Mustin, K., Hilário, R. R., Vasconcelos, I. M., Eilers, V. & Fearnside, P. M. (2019). Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. *Perspectives in Ecology Conservation*, 17, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.06.002>
- Dias L. F., Dias, D. V. & Magnusson, E. (2015). Influence of Environmental Governance on Deforestation in Municipalities of the Brazilian Amazon. *PLOS ONE*, 10(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131425>
- Diniz, M. B. & Diniz, M. J. T. (2019). Governança Territorial da Amazônia: o que considerar? In: Diniz, M. B. & Barbosa, J. L. (Orgs.). *Governança Territorial na Amazônia: possibilidades e desafios em uma agenda democrática*. (pp. 101-126). Belém: Paka-Tatu.
- Diniz, M. B., Alves, V. da P., Diniz, M. J. T. (2018). Is there market failure in Amazonian land use?: an opportunity cost approach to Amazonian environmental services analysis. *CEPAL*, 126. Disponível em: <https://www.cepal.org/en/publications/44560-does-amazonian-land-use-display-market-failure-opportunity-cost-approach-analysis>
- EIA. Energy Information Administration. (1997). Emissions of greenhouse gases in the United States. Disponível em: <https://www.eia.gov/environment/emissions/archive/ghg/gg98rpt/preface.html>
- Ferreira, M. D. P. & Coelho, A. B. (2015). Desmatamento recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. *Resr*, 53(1), 93 – 108. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301005>
- Fundo Amazônia. (2017). *Relatório de atividades 2017*. Disponível em: <http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/biblioteca/fundo-amazonia/relatorios-anuais/>
- Freitas, C. R. (2020). O barato que sai caro: contra-política ambiental e saúde humana. In: Young, C. E. F. & Mathias, J. F. C. M (Org.). *Covid-19, meio ambiente e políticas públicas* (pp. 102-111). São Paulo: Hucitec. Disponível em: http://www.huciteceditora.com.br/_imagens/_downloads/Covid19%20Meio%20Ambiente%20e%20Políticas%20Publicas.pdf



- Ferrante, I. & Fearnside, P. M. (2019). Brazil's new president and "ruralists" threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation*, 46, 261-263. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>
- IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. (2017). *Desmatamento zero na Amazônia: como e por que chegar lá*. Belém: IPAM, 2017.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2020). Mapeamento da degradação florestal na Amazônia brasileira. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/degrad>
- IBGE (2020). Sistema de Contas Nacionais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?&t=o-que-e>
- Joly C.A. et al. (2019). Apresentando o Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos. In: Joly C. A., Scarano, F. R., Seixas C. S., Metzge, J. P., Ometto J. P., Bustamante, M. M. C., Padgurschi, M. C. G., Pires, A. P. F., Castro, P. F. D., Gadda, T. & Toledo, P. (eds.). 1º *Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos*. São Carlos: Editora Cubo. (pp.351).
- Kaimowitz, D. & Angelsen, A. (1998). *Economic Models of Tropical Deforestation: a review*. Indonésia: CIFOR.
- Killeen, T. J. & Portela, R. (2010). How the TEEB framework can be applied: the Amazon Case. In: Kumar, P (Eds). *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. New York: Routledge. (pp.307 – 323).
- Lago, A. C. do et. al. (2012). *A questão ambiental e a Rio+20: a economia verde como oportunidade global para o Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2015). *Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)*. Brasília: MMA.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2016). Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC. Brasília: MMA.
- Moutinho, P. et al. (2011). *REDD in Brazil: A focus on the Amazon. Principles, Criteria, and Institutional Structures for a National Program for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – REDD*. Brasília: CGEE.
- Nepstad, D. et al. (2009). The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326, 1350 – 1351. <https://doi.org/10.1126/science.1182108>
- Nepstad, D. et al. (2014) Slowing Amazon Deforestation Through Public Policy and Interventions in Beef and Soy Supply Chains. *Science*, 344 (6188). <https://doi.org/10.1126/science.1248525>
- Nogueira E, Yanai, A., Fonseca, F. & Fearnside, P. (2015). Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. *Global Change Biology*, 21, 1271 – 1292. <https://doi:10.1111/gcb.12798>



- Pavan, M. N. & Cenamo, M. C. (2012). *REDD + nos estados da Amazônia: mapeamento de iniciativas e desafios para integração*. São Paulo: Idesam.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. (2018). *Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Pereira, D. et. al. (2010). *Fatos florestais da Amazônia 2010*. Belém: Imazon.
- Pereira, E. J. A. L., Ferreira P. J. S., Ribeiro, L.C. S., Carvalho, T. S. & Pereira, H. B. B. (2019). Policy in Brazil (2016–2019) threaten conservation of the Amazon rainforest. *Environmental Science and Policy*, 100, 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.001>
- Rajão, R. et al. The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science*, 369 (6501), 246-248, 2020. <https://doi:10.1126/science.aba6646>
- Reydon, B. P., Fernandes, V. B., & Telles, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 94, 104-313, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104313>
- Roma, J. C., Saccaro Junior, N. L., Mation, L. F., Paulsen, S. S. & Vasconcellos, P. G. (2013). *A economia de ecossistemas e da biodiversidade no Brasil (TEEB-Brasil): análise de Lacunas*. Rio de Janeiro: IPEA.
- Scholes, R. & Ash, N. (Eds.). (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends, volume 1: findings of the condition and trends working group*. Island Press, p. 271 – 296.
- Sachs, I. (2008). *Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado*. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.
- Saatchi, S. S. et al. (2007). Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global change biology*. 13(4), 816-837. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01323.x>
- SFB. Serviço Florestal Brasileiro. (2013). *Fundo Amazônia*. Brasília: SFB.
- Observatório do Clima (2016). Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris. Disponível em: <https://seeg.eco.br/documentos-analiticos>
- SEEG. Sistema De Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. (2019). Emissões. Disponível em: <http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes>
- Observatório do Clima. (2020). Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas de Clima do Brasil 1970-2019. Disponível em: <https://seeg.eco.br/documentos-analiticos>
- Viola, E. & Gonçalves, V. K. (2019). Brazil ups and downs in global environmental governance in the 21st century. *Revista Brasileira de Política Internacional*, 62(2). <https://doi.org/10.1590/0034-7329201900210>



World Bank. (2015). *Second Program Evaluation of the Forest Carbon Partnership Facility*. Finland: World Bank.

Wunder, S., Borner, J., Tito, M. R. & Pereira, L. (2008). Pagamento por serviços ambientais perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília: MMA.

WWF. World Wildlife Fund. (2016). *Conservação das Florestas para Combater as Mudanças Climáticas*. Brasília: WWF.

Young, C.E.F. (2016). *Estudos e Produção de Subsídios Técnicos para a Construção de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais*. Rio de Janeiro: UFRJ.

Young, C. E. F., Spanholi, M. L. (2020). Uma visão econômica sobre a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, October.