

Mercado de carbono agrícola: realidade ou desafio?

Agricultural carbon market: reality or challenge?

Mercado de carbono agrícola: ¿realidad o desafío?

Cíntia Ferreira Anis¹
Carla Eloize Carducci²
Clandio Favarini Ruviano³

¹ Mestre no Programa de Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Graduação em Ciências Contábeis pela Faculdade Unigran Capital. Atualmente, é gestora de atividades sócio-organizacionais da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul e cedida para a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). E-mail: canis@uems.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8746-5369>

² Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), com período de doutorado sanduíche na University of Guelph (U of G), Guelph, ON, Canadá. Mestrado em Ciência do Solo pela UFLA. Engenheira agrônoma formada pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professora adjunta A da UFGD. Professora e membro do colegiado delegado do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da UFGD. Coordenadora do Laboratório de Física do Solo FCA/UFGD. E-mail: carlacarducci@ufgd.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5736-3775>

³ Pós-doutorado e doutorado em Agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especialista em Sistemas de Computação pela UFSM. MBA em Agronegócios pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Graduado em Zootecnia pela UFSM. Professor associado da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), atuando na Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia. Pesquisador membro do grupo Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP), da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU). Professor permanente nos Programas de Pós-Graduação em Agronegócios e Zootecnia na UFGD. Atualmente, é chefe do Escritório de Assuntos Internacionais (ESAI/Reitoria) da UFGD. E-mail: clandioruviano@ufgd.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3117-5359>

Resumo: Mundialmente, a agricultura convencional é vista como emissora de gases de efeito estufa (GEEs). Já a agricultura de conservação é capaz de mitigar os GEEs e, potencialmente, gerar créditos de carbono. Este estudo objetivou analisar os aspectos normativos e as perspectivas para regulamentação do mercado de carbono brasileiro agrícola, por meio de bases de dados científicos e governamentais. Concluiu-se que o Brasil, apesar da participação nas discussões internacionais e dos significativos avanços institucionais e normativos, carece de aplicação e um maior rigor no cumprimento das legislações ambientais relacionadas à mitigação dos GEEs. Dessa forma, o país tem condições favoráveis à implantação de um mercado de carbono agrícola. Contudo, para que isso se torne uma realidade, faz-se necessário o incremento de parcerias público-privadas e políticas regulatórias mais abrangentes aos diversos segmentos do setor.

Palavras-chave: Acordo de Paris; carbono no solo; sistemas agrícolas.

Abstract: Worldwide, conventional agriculture is seen as greenhouse gases (GHG) emitter. Conservation agriculture is capable of GHG mitigating and potentially carbon credits generating. This study aimed to analyze the normative aspects and perspectives for Brazilian agricultural carbon market regulation, through scientific and governmental databases. It was concluded that Brazil, despite the participation in international discussions and significant institutional and regulatory advances, lacks application and greater rigor in complying with environmental legislation related to GHG mitigation. Thus, the country has favorable conditions for an agricultural carbon market implementation. However, for this to become reality, it is necessary to increase public-private partnerships and more comprehensive regulatory policies for the various sector segments.

Keywords: Paris Agreement; soil carbon; agricultural systems.

Resumen: En todo el mundo, la agricultura convencional se considera un emisor de gases de efecto invernadero (GEI). La agricultura de conservación es capaz de mitigar los GEI y potencialmente generar créditos de carbono. Este estudio tuvo como objetivo analizar los aspectos normativos y las perspectivas para la regulación del mercado brasileño de carbono agrícola, a través de bases de datos científicas y gubernamentales. Se concluyó que Brasil, a pesar de su participación en discusiones internacionales y de importantes avances institucionales y regulatorios, carece de aplicación y mayor rigor en el cumplimiento de la legislación ambiental relacionada con la mitigación de GEI. Así, el país cuenta con condiciones favorables para la implementación de un mercado de carbono agrícola. Sin embargo, para que esto sea una realidad, es necesario incrementar las alianzas público-privadas y políticas regulatorias más integrales para los distintos segmentos del sector.

Palabras clave: Acuerdo de París; carbono del suelo; sistemas agrícolas.

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno das mudanças climáticas, causado pelas emissões dos gases de efeito estufa (GEEs), é, sem dúvida, um assunto meritório, devido às consequências naturais catastróficas e aos impactos negativos na segurança alimentar e nutricional da humanidade. Essa problemática ambiental ocorre, em boa parte, devido às atividades de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra.

A Organização das Nações Unidas (ONU) tem realizado, desde o ano de 1972, encontros mundiais nos quais líderes políticos de diversos países reconhecem que as atividades antrópicas podem impactar negativamente o meio ambiente e contribuir para o agravamento das mudanças climáticas.

Nesses encontros, discutem-se possíveis soluções para reverter as causas desse problema, estabelecendo metas de cumprimento em relação à emissão e mitigação dos GEEs. Desde o ano de 2005, com a ratificação do Protocolo de Quioto, o cumprimento dessas metas é passível de geração de créditos de carbono e comercialização no mercado de carbono regulado.

No entanto, o setor agrícola não foi incluído nesse protocolo, pois padece pelo excesso de rigor na comprovação da redução significativa de GEEs para se enquadrar nos projetos, principalmente aqueles de produção em pequena escala, afetando, desta forma, o potencial brasileiro de redução de quantidades significativas de GEEs, bem como a promoção do desenvolvimento rural sustentável.

A agricultura de conservação utilizada no Brasil, por meio dos sistemas de cultivo, como sistema de plantio direto, integrações lavoura-pecuária-floresta e Sistema AP Romero na cafeicultura, tem a capacidade de estocar carbono no solo. Não estaria nessa agricultura a possibilidade de redução dos índices de emissões de gás carbônico (CO₂) da atmosfera? Não seria essa uma possibilidade de os produtores rurais obterem uma compensação financeira, na forma de créditos de carbono?

Este trabalho teve como objetivo investigar os aspectos normativos e as perspectivas para a regulamentação do mercado de carbono brasileiro para a agricultura conservacionista, como forma de compensação financeira para a mitigação dos GEEs; para tanto, realizou-se uma revisão sistemática

da literatura de forma hipotética dedutiva, a fim de se alcançar uma conclusão cientificamente válida.

O estudo sugere a comprovação, por meio do método dedutivo, das seguintes hipóteses: 1) o Brasil tem legislação específica em conformidade com os Acordos Internacionais que estabeleça condições para mitigação e adaptação às mudanças climáticas; 2) o setor agrícola brasileiro apresenta potencial, conforme normas e diretrizes firmadas, para geração de créditos de carbono; e 3) a agricultura conservacionista tem potencial para mitigar os gases de efeito estufa gerando compensação financeira, por meio da comercialização de créditos de carbono ou títulos verdes, em conformidade com os Acordos Ambientais Internacionais e a legislação brasileira vigente.

2 METODOLOGIA

Neste estudo, desenvolveu-se uma pesquisa de caráter qualitativo exploratório, por meio de uma revisão sistemática, com base no levantamento de literatura científica e literatura cinzenta, com dados extraídos de artigos, legislações, livros, relatórios, teses e dissertações. O padrão da revisão foi pautado nos estudos de Khan *et al.* (2003), com as contribuições sobre as fases dos protocolos elaboradas conforme os estudos de Biolchini *et al.* (2005); ou seja, seguiu-se um conjunto de passos bem definidos e planejados de acordo com um protocolo previamente estabelecido para transparência e possíveis replicações do estado da arte, com base na literatura internacional já produzida.

Utilizou-se o método hipotético dedutivo, como forma de auxílio para a análise dos estudos, partindo-se de um conhecimento preexistente, por meio do qual se formularam as hipóteses, e, pela revisão sistemática, foi encontrado o embasamento científico para a interpretação racional dos resultados (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Para o gerenciamento deste estudo secundário, foi utilizada a ferramenta StArt (*State of the Art through Systematic Review*) versão 3.0.3, desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de *Software* da Universidade Federal de São Carlos (HERNANDES *et al.*, 2012). Foi utilizada como apoio à planilha de fluxo contínuo para agilizar a catalogação dos dados extraídos dos documentos pertinentes ao estudo.

A fase 1 da revisão consistiu na formulação da seguinte questão de pesquisa: quais as evidências de que a agricultura de conservação contribui na redução dos GEEs, com possibilidade para compensação financeira por meio do mercado de carbono, em conformidade com a regulamentação e normatização mundial?

Já na fase 2 realizou-se uma busca de forma abrangente em artigos publicados em bases de dados e literatura cinzenta para a definição das *strings* (palavras-chave) de busca.

Para seleção dos trabalhos (fase 3), primeiramente, excluíram-se os trabalhos duplicados por meio do Start e, em seguida, realizou-se uma leitura parcial que contemplou o título, resumo e palavras-chave, excluindo as publicações de acordo com os critérios de exclusão estabelecidos anteriormente. Uma segunda filtragem foi feita baixando-se os arquivos em PDF e realizando uma leitura completa de cada um, excluindo-os ou incluindo-os novamente, de acordo com os critérios adotados.

3 RESULTADOS

3.1 Aspectos normativos para implantação do mercado de carbono agrícola

O aumento das emissões dos GEEs na atmosfera contribui diretamente para as alterações climáticas e está relacionado com as mudanças do uso da terra em escala global. Esse assunto tem sido discutido nos fóruns internacionais ambientais, desde o ano de 1972, com a Conferência sobre o Meio Ambiente, organizada pela ONU. A partir desse momento, reconheceu-se a necessidade de redução, modificação ou fim das atividades antrópicas prejudiciais ao meio ambiente, ligadas, principalmente, à indústria e ao aumento do uso de energias não renováveis (FREITAS; SILVA, 2020).

Nesse sentido, as discussões sobre as mudanças climáticas tiveram prosseguimento no decorrer dos anos seguintes. Em 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNMUAD), conhecida também como Eco-92 e Rio-92. Esse evento foi considerado um marco histórico para a conscientização

ambiental, enfatizando sustentabilidade ambiental atrelada ao desenvolvimento socioeconômico dos países, e não em seu detrimento, estabelecendo ações que consolidaram uma agenda mundial (Agenda 21), de modo a objetivar a proteção ao meio ambiente, a biodiversidade, a segurança alimentar e nutricional e o equilíbrio climático no planeta (BESKOW; MATTEI, 2012; BEL; TEIXIDÓ, 2020).

Encontros anuais se sucederam com o nome de Conferência das Partes (COP). A Tabela 1 mostra um breve histórico das principais COPs e os assuntos e as decisões tratadas.

Tabela 1 – Principais Conferências das Partes (COP)

Ano	Evento/Local	Discussões/Decisões
1992	UNFCC – Rio de Janeiro	Tratado firmado por quase todos os países, o qual estabeleceu a discussão anual por meio de COP acerca das questões sobre as mudanças climáticas.
1997	COP 3 – Quioto	Foi firmado o Protocolo de Quioto (2008-2012), que objetivou a redução das emissões de GEEs e criação dos créditos de carbono por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).
2007	COP 13 – Bali	Definiu um roteiro para guiar as negociações de um acordo sucessor ao Protocolo de Quioto.
2009	COP 15 – Copenhague	Foi firmado o Acordo de Copenhague, no qual os países apresentaram metas de redução de emissões de GEE, estabelecendo o objetivo de se limitar o aumento de temperatura da superfície da terra em 2°C.
2010	COP 16 – Cancún	Criação do Fundo Verde para o Clima no valor de 100 bilhões anuais (a partir de 2020) como ajuda dos países desenvolvidos aos países em desenvolvimento.
2011	COP 17 – Durban	Plataforma de Durban – novo roteiro traçado, até 2015, pela União Europeia, para um novo Acordo Climático.
2012	COP 18 – Doha	Conclusão das metas que orientem as medidas de reduções de emissão de GEEs para o segundo período do Protocolo de Quioto (2013-2020).
2013	COP 19 – Varsóvia	Criação do regime de compensação por perdas e danos e pagamento por emissão reduzida a partir de esforço de combate ao desmatamento e à degradação florestal (REDD+).
2014	COP 20 – Lima	Criação do documento “Rascunho Zero”, objetivando compromissos para redução das emissões globais entre 40% e 70%, até 2050.

Ano	Evento/Local	Discussões/Decisões
2015	COP 21 – Paris	Definiu o Acordo de Paris como sucessor do Protocolo de Quioto, com o objetivo central de manter a temperatura média global em 2°C abaixo dos níveis pré-industriais, com esforços para contê-lo a 1,5°C.
2016	COP 22 – Marrakech	Discussão sobre a precificação do carbono, com o setor empresarial, para o alcance das metas das NDCs.
2017	COP 23 – Bonn	Discussão sobre a implantação das obrigações previamente estabelecidas e a presença do setor empresarial para precificação do carbono.
2018	COP 24 – Katowice	Encerra o ciclo de debate das normas e obrigações para implantação do Acordo de Paris.
2019	COP 25 – Madri	Início das discussões para implantação de um Mercado de Carbono Internacional.
2021	COP 26 – Glasgow	Espera-se a regulamentação do Mercado de Carbono, incluindo o setor agrícola. Nessa conferência, será discutida a redução de CO ₂ , em escala planetária, por meio da adoção de energias renováveis, e o Brasil mostrará que a energia renovável do país vem da agricultura.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nesse sentido, pode-se destacar como um dos principais acordos o Protocolo de Quioto. Esse acordo foi criado em 1997 e ratificado em 2005, com vigência até o ano de 2012 (primeiro período). Trata-se de um acordo com base no Direito Internacional, em que os Estados-Membros da ONU se comprometeram a reduzir a emissão de GEEs, principalmente os países industrializados (Anexo B¹), que historicamente são os que mais prejudicaram o meio ambiente com a emissão de GEEs, desde a época da Revolução Industrial. Dessa forma, os países desenvolvidos têm obrigatoriedade no cumprimento das metas estabelecidas.

Diante das exigências para o cumprimento das metas de redução dessas emissões, impostas aos países desenvolvidos no Protocolo de Quioto, há um *trade-off*² entre preservar o meio ambiente e promover o crescimento

¹ Anexo B: trata-se de uma relação, constante no Protocolo de Quioto, de 36 países desenvolvidos e industrializados e a União Europeia, com metas para redução de emissões de gases de efeito estufa.

² *Trade-off*: perda e ganho, ou seja, escolher uma coisa em detrimento de outra.

econômico com competitividade, gerando tensas e difíceis discussões para mitigação em tempo hábil, a fim de reverter ou amenizar os efeitos das mudanças climáticas que afetam todos os países de forma generalizada (BEL; TEIXIDÓ, 2020).

Uma possível solução para esse *trade-off* teve relevância no Protocolo de Quioto, que foi a criação de um mecanismo para flexibilização entre os países com diferentes economias, para que, conjuntamente, pudessem cumprir os objetivos do protocolo. Esse mecanismo foi chamado de MDL.

O MDL, artigo 12 do Protocolo de Quioto, teve o intuito de ajudar os países em desenvolvimento promovendo o desenvolvimento sustentável com ajuda financeira dos países desenvolvidos. Por meio desse acordo de mercado, os países desenvolvidos puderam cumprir suas metas de redução de emissão de GEEs. Esse mecanismo contempla os projetos que configuram a sustentabilidade ambiental aliada ao crescimento econômico e ao uso responsável dos recursos naturais não renováveis. Estabeleceu-se que o fator econômico para negociação entre os países seriam os créditos de carbono (mercado voluntário) ou certificado de redução de emissões – RCE³ (mercado regulado). Cada tonelada de carbono equivalente (1 TCO₂eq) não emitida ou retirada da atmosfera poderia ser negociada no mercado de carbono mundial, o que equivale a um crédito de carbono (LAZARO; GREMAUD, 2017).

Nesse contexto, foi a partir da elaboração do MDL que se iniciou a implementação do crédito de carbono como a possibilidade de flexibilização para auxílio dos países com metas de redução dos GEEs. Permitiram-se ações e projetos nos países em desenvolvimento, de forma voluntária, porém negociados apenas no mercado regulado, visando ao desenvolvimento sustentável e à mitigação dos GEEs na atmosfera. O setor de produção agrícola não foi incluído nesse mecanismo.

No ano de 2009, durante a realização da COP 15 em Copenhague, na Dinamarca, o Brasil, de forma pioneira, apresentou um conjunto de ações voluntárias denominadas NAMAs⁴, estabelecendo o compromisso de redução de emissões de GEEs com ações voluntárias nos setores de atividades

³ RCE: Redução Certificada de Emissão.

⁴ NAMAs: Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas.

agropecuárias e energético, atividades essas que compõem as metas do Plano ABC (GURGEL *et al.*, 2019).

Dessa forma, o Brasil assumiu, na COP 15, um importante compromisso que tem como base central a agricultura de baixo carbono, chamado Plano ABC. A abrangência desse plano é somente nacional e vigente no período de 2010 a 2020. O plano não contemplou ajuda aos agricultores familiares e assentados da reforma agrária. Resultados apresentados recentemente mostraram que o Plano ABC alcançou 182% da meta de mitigação para o sistema plantio direto, contribuindo com a mitigação de 18,25 milhões MgCO₂eq na questão solo-planta para o sistema plantio direto, sendo que a meta inicial era contribuir com a mitigação de 8 a 10 milhões de MgCO₂eq (GMACH *et al.*, 2018).

O segundo ciclo do Plano ABC (2020-2030), denominado Plano ABC+, prioriza a gestão integrada da paisagem com ações para o estímulo à ampliação das inovações tecnológicas para mitigação dos GEEs, acompanhando o cenário internacional, e a adaptação dos sistemas produtivos, tornando-os mais resilientes e eficientes, conciliando conservação e produtividade. A meta principal é a redução da emissão de carbono equivalente na agropecuária, em 1,1 bilhão de toneladas até 2030, através da adoção de práticas sustentáveis em mais de 72 milhões de hectares de terras agricultáveis. As metas foram divulgadas no segundo semestre de 2021, no Plano Operativo do ABC+ (BRASIL 2012).

No cenário internacional, foi realizada em 2015 a 21ª COP, em que foi firmado o Tratado Internacional chamado de Acordo de Paris, que se encontra atualmente vigente, sendo o sucessor do Protocolo de Quioto. Nesse acordo, 195 países participantes se comprometeram a manter o aumento da temperatura global abaixo de 2° C, em relação a níveis pré-industriais, preferencialmente 1,5°C, no período de 2020 até 2025 (PINTO *et al.*, 2020).

Durante a 21ª COP, a França trouxe a iniciativa “4 por 1000”, que visa promover pesquisas e ações globais para desenvolver estratégias de gestão comum objetivando o aumento do estoque de carbono no solo em 0,4% (4/1000) por ano. Estudos comprovaram que aumentando o teor de carbono do solo global em apenas algumas partes por mil (0,4%) a cada ano, seria possível remover uma quantidade de CO₂ na atmosfera equivalente às

emissões de combustíveis fósseis da União Europeia (3-4 giga toneladas). Além disso, o aumento do estoque de carbono global aumentaria a saúde do solo em toda a África, Ásia e América Latina, ocasionando uma elevação na produtividade agrícola em cerca de 1,3%, de forma a contribuir para a segurança alimentar dos países em desenvolvimento localizados nessas regiões e, conseqüentemente, para mitigação dos GEEs (RUMPEL *et al.*, 2018).

Ao contrário do acordo anterior, que direcionava as diretrizes e metas para os países desenvolvidos, os países em desenvolvimento puderam apresentar a NDC⁵ para redução das emissões de GEEs até 2030, em concordância com o princípio da ONU de “responsabilidades comuns, mas diferenciadas pelas suas capacidades” (LEFRÈVE *et al.*, 2018).

Para o Brasil, a NDC apresentada foi a redução de 37% (equivalente à emissão de 1.346 milhão de ton. CO₂eq), em relação às emissões do ano-base de 2005, com indicativo de redução em torno de 43% das emissões até 2030 (GURGEL *et al.*, 2019). Dessa forma, estocando no solo mais de 200 tCOeq/ha/ano ou 17 milhões tCOeq em 10 anos (GONÇALVES *et al.*, 2017; GMACH *et al.*, 2018; SERAFIM *et al.*, 2019; SARTO *et al.*, 2020).

Estudos sugerem que, nos países em desenvolvimento, o poder e a riqueza se concentram em uma minoria que se beneficia de atividades econômicas poluentes e sofrem menos influência para a elaboração de políticas de preservação ambiental. Observou-se também que os países mais poluentes historicamente são aqueles de maior renda per capita (BEL; TEIXIDÓ, 2020).

Dessa forma, o Acordo de Paris permite aos países em desenvolvimento o comprometimento mundial de redução dos GEEs no contexto do desenvolvimento sustentável, estimulando a elaboração de um planejamento, para, juntamente aos países desenvolvidos, contribuir para a mitigação dos GEEs.

A legislação que objetivou o início da implementação do mercado de carbono no Brasil foi a Lei Federal n. 12.187/2009, de 29 de dezembro – Política Nacional sobre Mudança do Clima. Essa lei prevê, em seu artigo 4º, o estímulo ao Desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de

⁵ NDC: contribuição nacionalmente determinada.

Emissões (MBRE). Em seu artigo 9º, é prevista a operacionalização em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado, autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa. O artigo 12 aborda o compromisso nacional voluntário de ações para mitigações das emissões dos GEEs, reduzindo entre 36,1% e 38,9%, até o ano de 2020 (BRASIL, 2009a).

Já a Lei Federal n. 12.114, de 9 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009b), que é uma lei de natureza contábil, institui a constituição de recursos financeiros para a criação do Fundo Nacional sobre Mudança Climática. Essa gestão de recursos visa assegurar e destinar recursos para apoio a projetos, estudos e financiamento de empreendimentos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos.

Estados brasileiros promulgaram leis que instituíram a Política Estadual de Mudanças Climáticas. Essas leis são, em geral, semelhantes em seus princípios, objetivos e diretrizes, visando à mitigação dos gases GEEs, além de buscar o estímulo à obtenção de créditos de carbono originados de projetos decorrentes do MDL. As legislações mantêm a similaridade com a Política Nacional de Mudança do Clima – Lei Federal n. 12.187/2009 – e, no cenário internacional, a concordância com o Protocolo de Quioto. Já os estados do Acre (AC), de Alagoas (AL), do Amapá (AP), Maranhão (MA), de Minas Gerais (MG), Roraima (RR) e Sergipe (SE) ainda não sancionaram leis que instituísem políticas estaduais sobre mudanças climáticas em seus territórios.

Assim, pode-se verificar que 74% dos estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal, promulgaram leis específicas pertinentes a questões ambientais e estímulo ao mercado de crédito de carbono, enquanto os outros 26% ainda não têm leis específicas em acordo com a Política Nacional de Mudanças Climáticas.

As legislações estaduais foram criadas visando nortear as políticas públicas por meio da articulação do poder público e da sociedade para discutir e propor ações e apoio às atividades dos projetos do MDL, considerando a importância do desenvolvimento sustentável para mitigação dos GEEs, bem como a mitigação das atividades antrópicas.

3.2 Mercado de crédito de carbono mundial

O relatório do Banco Mundial “*State and Trends of Carbon Pricing 2020*” mostra que a comercialização mundial de créditos de carbono foi equivalente a cerca de US\$ 45 bilhões em 2019. A precificação da tonelada de carbono foi considerada baixa, com um preço médio global de US\$ 10/TCO₂, já o Fundo Monetário Internacional calculou esse preço em torno de US\$ 2/TCO₂. Até 2030, estima-se que a precificação seja de US\$ 50-100/TCO₂. Essa projeção econômica está alinhada com as metas para mitigação dos GEEs instituídas no Acordo de Paris. O preço adequado do carbono no mercado voluntário é determinado pela lei da oferta e da procura e pela qualidade dos projetos aos quais os créditos estão atrelados.

O mercado de carbono é considerado uma ferramenta política e econômica fundamental para alcançar a mitigação dos GEEs, mas seu correto funcionamento depende de uma supervisão regulatória adequada tanto em jurisdição nacional quanto internacional (HODSON, 2015).

A União Europeia, que tem o mais avançado e importante mercado voluntário de carbono do mundo, instituiu o Sistema de Comércio de Emissões, desde o ano de 2005, e, amparado pelo Acordo Verde, firmado em 2019, tem o compromisso de alcançar a neutralidade do carbono até o ano de 2050. Esse bloco econômico depende fortemente de importações agrícolas, e cada país tem sua própria definição de sustentabilidade, com legislações menos rigorosas; assim, o Acordo Verde pode exigir simplificar e alinhar as normas ambientais, tanto para importação quanto para os produtos internos. Embora a União Europeia não possa impor legislações em outros países, ela pode exigir que os produtos que entram em seu território estejam de acordo com suas regulamentações e exigências ambientais.

O mercado de carbono da América do Norte é considerado o segundo maior do mundo em relação ao volume de carbono negociado, com destaque na comercialização de carbono para usinas de geração de energia e unidades industriais de grande porte localizadas na Califórnia. Nos Estados Unidos, os mercados de carbono regulados são regionais, e existe em todo o país uma demanda crescente por compensação de carbono; mas, por questões políticas, sua meta de redução nacional ainda será apresentada,

assim, o mercado de carbono nacional com intenções ambientais positivas ainda está sendo implantado de forma efetiva (BNDES, 2018).

Uma empresa norte-americana, em parceria com empresas de auditoria e verificação, como *Climate Action Reserve* e *Volunteer Carbon Standard – Verra*, e a comunidade científica, está desenvolvendo o Protocolo do Projeto de Enriquecimento do Solo com a Reserva de Ação do Clima, que consiste em metodologias inovadoras para monitorar, quantificar, verificar e relatar as reduções e remoções líquidas de GEEs. Para isso, os agricultores interessados implementam práticas conservacionistas e, por meio desses estudos, é mensurada e verificada a real geração de créditos de carbono, com transparência e rigor, para comercialização, aumentando a rentabilidade da lavoura e reduzindo os impactos ambientais negativos da agricultura.

Já a China, desde 2006, ocupa a posição mundial de maior emissor de GEEs, respondendo atualmente por cerca de 28% do total mundial, devido ao alto consumo de carvão mineral para produção de energia. Em contrapartida, recentemente, os governantes do país adotaram uma postura ambiental correta, estabelecendo metas para neutralidade do carbono até 2060 e adotando um sistema de compensação de emissões em todo o país, com um mercado de carbono orientado por políticas públicas que estabelecem uma gestão clara e métodos completos para cumprimento de suas metas de emissão (ZHANG; LI, 2018).

A China é o terceiro maior mercado de carbono do mundo, sendo que, em 2013, instituiu sete projetos-pilotos de mercado de carbono, inseridos em duas grandes cidades: Beijing e Shanghai. Com esses sete projetos-pilotos, inseridos nas províncias e nos distritos industriais dessas duas cidades, a China pretende, em curto prazo, ser o segundo maior mercado de carbono mundial. No ano de 2018, foi adotada a taxa ecológica, que se trata de um imposto com incidência sobre empresas e instituições que emitem GEEs, fortalecendo a comercialização dos créditos de carbono (BNDES, 2018).

Os estudos de Qi *et al.* (2021), analisaram os efeitos ambientais e econômicos dos projetos-pilotos implantados para redução do carbono. Os estudos mostraram que esses projetos vêm alcançando suas metas e as reduções de carbono não prejudicam o desenvolvimento econômico da região.

Para Yi *et al.* (2020), os projetos-pilotos da China fornecem importantes lições e experiências para a criação de um mercado de carbono nacional, sendo que os resultados mais significativos em relação ao meio ambiente e à economia foram os implantados em Pequim, Xangai e Hubei.

A África do Sul, que carece de energia limpa, sendo que 90% de sua eletricidade e dois terços da energia total provêm do carvão, taxou, recentemente (2019), emissão de GEEs, sendo cobrado o equivalente a US\$ 8 por cada tonelada emitida. A Nova Zelândia planeja precificar as emissões no setor agrícola até 2025. Projetos-pilotos para taxaço e precificação vislumbrando o mercado de carbono já avançam em países como Indonésia, Montenegro, Japão, Austrália, México e Colômbia (WORLD BANK, 2020).

3.3 Mercado de crédito de carbono no Brasil

De acordo com o último relatório do Banco Mundial, o Brasil ainda está em fase de estudos e discussões entre os representantes do governo, setor privado e internacional para criação de um sistema de preços nacional de carbono baseado no comércio de emissão de GEEs. No Brasil, os cidadãos e as empresas poluentes ainda não são obrigados a compensar a pegada de carbono e emissões de GEEs.

Recentemente, o governo brasileiro instituiu o Programa + Florestas, com o objetivo de reduzir a emissão de GEEs por empresas, por meio da venda de créditos de carbono. Esse programa é destinado somente aos produtores de biocombustíveis. A meta seria a comercialização de 24,86 milhões de créditos de carbono por ano; os créditos poderão ser vendidos pelos produtores e investidores na bolsa de valores (BRASIL, 2020).

A plataforma digital Moss permite que cidadãos e empresas adquiram créditos de carbono diretamente pela plataforma. Esses créditos de carbono são oriundos de projetos certificados, de acordo com protocolos e padrões globais, por meio de auditorias que comprovem a redução de GEEs, como: *Verified Carbon Standard – Verra, CCB Standard, Social Carbon, Certik, Perkinscoie, Celo e Armanino*. Atualmente, existem três projetos passíveis de crédito de carbono: Ituxi, Agrocortex e Amazon IFM, que são voltados para o combate ao desmatamento e a preservação da Floresta Amazônica.

Os créditos de carbono advindos do setor agrícola, relacionados à questão solo-planta, ainda não são comercializados em plataformas digitais.

Para a efetivação de um mercado de carbono no Brasil, com base na agricultura conservacionista, faz-se necessária a aceitabilidade de projetos conforme o MDL. Porém, para implementação do MDL, foram estabelecidas metodologias para garantir que os projetos identificassem de forma segura a conversão das reduções de emissões em Redução Certificada de Emissões (RCE), para que não ocorra dupla contagem ou falhas quantitativas. Essa verificação é realizada por entidades operacionais, compostas por empresas de verificação e auditoria com competência comprovada, atuando em conjunto com os órgãos governamentais competentes dos países envolvidos. Devido ao alto custo e à complexidade dessa verificação, o setor da agricultura (solo-planta) não foi normatizado para envio de projetos de acordo com o MDL (FRANGETTO *et al.*, 2018).

Também se faz necessária a fiscalização desses projetos, pois evidências publicadas sugerem que, na Rússia, por exemplo, indústrias químicas nacionais aumentaram a produção de resíduos altamente potentes em GEEs, visando à geração de créditos de carbono e a posteriores benefícios financeiros, por meio de sua eliminação entre o período de 2008 e 2013, justamente no período inicial da creditação (HODSON, 2015; SCHNEIDER; KOLLMUSS, 2015).

Dessa forma, o Brasil perdeu a oportunidade de liderar a questão da mitigação dos GEEs, por meio de projetos de grande e pequena escala no MDL relacionados com a agricultura, pois, na maioria dos países, as emissões de GEEs são advindas de fontes industriais, enquanto no Brasil a maioria origina-se do uso da terra (agricultura, silvicultura, fruticultura, pecuária, entre outros), já que o agronegócio é um importante setor na economia brasileira (PAGLIOSA *et al.*, 2012).

Já no setor agrícola temos a iniciativa de uma multinacional especializada em controle fitossanitário, que está desenvolvendo um projeto pioneiro em âmbito nacional, juntamente à EMBRAPA⁶, em que recompensará agricultores pela geração de créditos de carbono no quesito solo-planta, incentivando a adoção de práticas agrícolas que aumentem a produção e

⁶ EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

ao mesmo tempo a captura e o sequestro de carbono no solo, as chamadas “boas práticas” e práticas conservacionistas. Esse projeto vem sendo desenvolvido no Brasil e nos Estados Unidos (EUA), com investimentos na ordem de cinco milhões de euros em três anos.

Além dessa iniciativa, há também um programa que está sendo desenvolvido e implementado com a parceria de outra multinacional, que atua na área de fertilizantes, e agricultores do Brasil, da Índia, dos EUA e do Continente Europeu, visando ao apoio aos agricultores que adotarem práticas agrícolas que tragam retornos positivos ao meio ambiente, com o intuito de descarbonizar a cadeia de valor agrícola e produzir créditos de carbono agrícola.

Investimentos empresariais e parcerias público-privadas são necessários para que o Programa Patente Verde contribua de forma eficaz na questão da mitigação das mudanças climáticas, já que atividades P&D⁷ são aplicadas na busca de inovações para a agricultura, gerando sustentabilidade ao meio ambiente. Mas as empresas precisam obter benefícios financeiros futuros para assumirem os custos. A comercialização dos créditos de carbono advindos da aplicação dessas inovações seria uma possível solução para obter a compensação financeira necessária ao desenvolvimento e à disseminação das descobertas advindas desse tipo de atividade (HALL; HELMERS, 2013).

Os estudos de Gurgel *et al.* (2019) sugerem a necessidade imediata da precificação do carbono, pois o Brasil tem vantagem competitiva para mitigar os GEEs diante dos demais países do globo terrestre, já que tem sua matriz energética limpa, extensas áreas florestais e um grande potencial para transformação da agricultura convencional em agricultura de conservação.

3.4 Potencial ambiental da agricultura de conservação

A produção agrícola depende diretamente dos fatores climáticos e dos atributos de solo (químico, físico e biológico) para que a planta possa desenvolver o sistema radicular e a parte aérea de forma favorável à alta produtividade.

⁷ P&D: pesquisa e desenvolvimento.

Os sistemas agrícolas gerenciados com práticas que visam apenas ao aumento de produtividade podem não ser sustentáveis ao meio ambiente e, em contrapartida, contribuem para a degradação do solo, o que gera o aumento da emissão dos GEEs. Por esse motivo, a agricultura convencional pode responder por altas taxas de emissão desses gases, pelo menos um quinto da emissão total (PELLEGRINI *et al.*, 2016; GALLO *et al.*, 2018).

As atividades antrópicas envolvendo o setor agrícola, como o manejo incorreto do solo (excesso de revolvimento e o não uso de práticas de proteção do solo e da água) e o desmatamento, por exemplo, contribuem para o aumento dos GEEs, principalmente o dióxido de carbono (CO₂) e, conseqüentemente, o agravamento do aquecimento global (SÁ *et al.*, 2017).

Dessa forma, o agricultor tem um papel importante nesse cenário envolvendo as questões pertinentes às mudanças climáticas e aos sistemas agrícolas adotados. Os sistemas convencionais de manejo do solo podem contribuir efetivamente com a emissão dos GEEs devido ao revolvimento e à queima do material orgânico presente no solo, além de indiretamente incrementar a emissão pelo uso de muitos *inputs* agrícolas (adubação mineral, controle fitossanitário e aumento do número de operações mecanizadas).

A agricultura conservacionista estoca carbono no solo de forma significativa comparada à convencional. Como exemplo, tem-se o sistema de produção cafeeira que utiliza multipráticas de manejo do solo, as quais preconizam a melhoria do solo e a proteção da sua superfície, por meio do incremento em biomassa verde e residual, denominado AP Romero, que chega a estocar mais carbono em 15 cm de espessura de solo por hectare em relação ao sistema convencional (convencional: 46,5 ton C ha⁻¹; AP Romero: 61 ton C ha⁻¹) (SERAFIM *et al.*, 2011; CARDUCCI *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015).

Esses fatores permitem à planta suportar a escassez hídrica, característica da região, e o aumento de temperatura no solo, que possivelmente serão agravados devido ao aquecimento global. Além disso, esses sistemas mostram potencial para geração de créditos de carbono, em razão das características de manejo e uso do solo.

4 DISCUSSÕES

O Acordo de Paris foi o primeiro acordo internacional de enfrentamento das mudanças climáticas que conseguiu reunir a maioria dos países, seja desenvolvido, seja em desenvolvimento, criando um cenário mais completo, com metas vinculativas para a redução de emissões de GEEs e, conseqüentemente, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

O acordo anterior, denominado Protocolo de Quioto, incluiu metas obrigatórias de redução de emissões de GEEs apenas para os países desenvolvidos, devido ao histórico passado de desenvolvimento industrial. Nesse sentido, o Protocolo de Quioto não foi planejado para apoiar os países em desenvolvimento cuja economia gira em torno da agricultura, e sim os países industrializados, que são os maiores emissores de GEEs e possuem as maiores economias mundiais, como Estados Unidos e China, por exemplo (GALLO *et al.*, 2018).

Apesar de os países desenvolvidos serem os principais emissores de GEEs, pelo alto consumo de combustíveis fósseis, bens e serviços, o cenário visto de forma global mostra que as questões referentes à mitigação do agravamento das mudanças climáticas são responsabilidade de todos os países, e suas conseqüências negativas atingem o meio ambiente de forma global.

As metas de redução ou de compensação de emissões dos GEEs adotadas no Acordo de Paris só poderão ser alcançadas em escala planetária com a adoção de energias renováveis em substituição aos combustíveis fósseis ainda utilizados com bastante força pela indústria e pelo transporte dos países desenvolvidos. O Brasil tem uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, com cerca de 45% provenientes de fontes renováveis; desse total, 17% vêm da agricultura, como os derivados da cana, por exemplo (EPE, 2020).

Essas metas estipuladas para os países em desenvolvimento, como o Brasil, não são obrigatórias, e, provavelmente em conseqüência desse fator, ocorre a fraca aplicação dos acordos internacionais, por meio de legislação, fiscalização e políticas públicas, visando à redução dos GEEs, contribuindo significativamente para o aumento de 9% de emissões de GEEs, nos anos de 2017 e 2018 (PEIXER, 2019).

Além disso, a ineficiência de políticas públicas, aliada à pressão de grupos políticos de interesse, juntamente à instabilidade política dos últimos anos, evidencia as dificuldades do país em cumprir suas metas diante do mundo, podendo perder sua competitividade em longo prazo, já que se tornou crescente a valorização dos bens de consumo produzidos de forma sustentável ao meio ambiente (SOARES; RAJÃO, 2018; PEIXER, 2019; GURGEL *et al.*, 2019).

O setor agrícola é um dos mais afetados pelas mudanças do clima, visto sua dependência das condições meteorológicas (precipitações, temperatura e fotoperíodo), para produtividade em larga escala. Esse setor apresenta potencial para mitigação dos gases de efeito estufa, por meio de práticas de conservação e preservação do solo e do meio ambiente, a exemplo dos sistemas de produção que empregam as práticas de proteção ao solo e incremento em carbono, como: o sistema multipráticas para a agricultura, AP Romero; sistema plantio direto; integrações lavoura-pecuária-florestas em todas as suas modalidades; consorciações e rotações de culturas. Por muito tempo, a agricultura exerceu o papel de potencializadora do efeito estufa, devido a práticas convencionais adotadas não sustentáveis (WOLLENBERG *et al.*, 2016).

Assim, o mercado de carbono regulado agrícola seria normatizado por meio dos Acordos Internacionais e negociado entre países desenvolvidos que cumpririam suas metas financiando projetos sustentáveis e geradores de créditos de carbono em países em desenvolvimento. Esse mercado regulado ainda está em fase inicial para o setor agrícola, devido à complexidade de mensuração do preço e da real mitigação dos GEEs e ao custo para implantação dos projetos que, muitas vezes, não correspondem com a estimativa feita de obtenção de créditos de carbono. Como alternativa para negociação dos créditos de carbono gerados na agricultura, criaram-se mercados voluntários de carbono que operam fora do âmbito das regulamentações e supervisão do MDL/ONU. No Brasil, é operado pela bolsa de valores B3, sediada em São Paulo; nesse caso, o campo de regulação obrigatória seria pela Comissão de Valores Mobiliários, assim como os títulos verdes são regidos por normatização nacional. O mercado voluntário atua com regulamentações próprias e legislações internas de cada país, fora da fiscalização da ONU (LUDENA *et al.*, 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil, embora tenha instituído legislações baseadas nos acordos internacionais que incentivam proteção ambiental, mitigação dos GEEs e a produção agrícola mais sustentável⁸, ainda carece de políticas públicas mais efetivas, com subsídios próprios ou até mesmo parcerias público-privadas, pois os custos e a complexidade dos projetos são elevados. Assim, o mercado de carbono ou títulos poderiam se desenvolver atingindo um maior número de transações comerciais com base na agricultura empresarial e familiar.

A agricultura na questão solo-planta não foi incluída como atividades para projetos de financiamento e investimento pelos países desenvolvidos que precisam cumprir suas metas em outro território, apesar de apresentar alto potencial no sequestro de carbono atmosférico tanto no solo quanto na parte aérea (solo-planta), quando utilizada em sistema de produção conservacionista (sistema multipráticas na cafeicultura, sistema plantio direto, integrações lavoura, pecuária e floresta, consórcios e rotações de culturas), que contribui para mitigação dos GEEs, fato comprovado em vasta literatura científica sobre as potencialidades da agricultura de conservação brasileira.

O sucesso do mercado de carbono brasileiro influenciaria positivamente a adoção da agricultura conservacionista, que, além de contribuir na mitigação dos GEEs, pode trazer, em contrapartida, ganhos financeiros aos produtores. A falta de um mercado de carbono regulado afeta a competitividade brasileira, pois a agricultura é um setor de grande importância à economia. Há iniciativas de empresas multinacionais do ramo agrícola com intuito de impulsionar o mercado voluntário de carbono, aumentando a oferta dos créditos de carbono agrícola em prol da preservação ambiental e, conseqüentemente, da rentabilidade aos produtores.

Por fim, conclui-se que sistemas de produção conservacionistas são capazes de mitigar os GEEs pela manutenção de alto teores de carbono no solo, estando aptos à comercialização desse carbono; entretanto, esbarram

⁸ Com a instituição do Decreto Federal 11.075/2022, iniciou-se o incentivo ao mercado de carbono voluntário através da regulamentação do Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE), agregando diretamente a agropecuária

na falta de um mercado de carbono regulado ou voluntário e na escassez de aplicabilidade da legislação vigente. Assim, as políticas públicas ainda carecem de mais efetividade e alcance em larga escala, para que o país possa implantar um mercado de carbono que beneficie o setor agrícola, fortalecendo o modo de produção conservacionista.

REFERÊNCIAS

BEL, Germa; TEIXIDO, Jordi. The political economy of the Paris agreement: income inequality and climate policy. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 258, p. 178-89, jun. 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121002

BESKOW, Eduardo; MATTEI, Lauro. Notas sobre a trajetória da questão ambiental e principais temas em debate na Conferência Rio +20. *Revista Necat*, Florianópolis, ano 1, n. 2, p. 4- 12, jul./dez. 2012. Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/necat/article/view/2228/2587>. Acesso em: 12 set. 2020.

BIOLCHINI, Jorge; MIAN, Paula Gomes; NATALI, Ana Candida Cruz; TRAVASSOS, Guilherme Horta. *Systematic Review in Software Engineering*. Rio de Janeiro: COPPE; UFRJ, 2005.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL [BNDES]. *Programa ABC: programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura*. Rio de Janeiro: BNDES, 2018.

BRASIL. *Decreto n. 11.075*, de 09 de maio de 2022. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos planos setoriais de mitigação das mudanças climáticas. Brasília, DF: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2022. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=11075&ano=2022&ato=d2do3aq1kMZpWT8e1>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente [MMA]. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. *Relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica*: Brasil. [Série Biodiversidade 38]. Brasília: MMA, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC*. Brasília: MAPA/ACS, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. *Lei n. 12.187*, de 29 de dezembro de 2009. Institui a política nacional sobre mudança do clima- PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2009a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm. Acesso em: 14 set. 2020.

BRASIL. *Lei n. 12.114*, de 9 de dezembro de 2009. Cria o fundo nacional sobre mudança do clima, altera os arts. 6o e 50 da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2009b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm. Acesso em: 12 set. 2020.

CARDUCCI, Carla Eloize; OLIVEIRA, Geraldo César; CURI, Nilton; HECK Richard John; ROSSONI, Diogo Francisco; CARVALHO, Teotonio; COSTA, Alisson Lucrécio. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 145, p. 171-80, jan. 2015. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.015

Empresa de pesquisa energética [EPE]; Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional*: ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020.

FRANGETTO, Flavia Witkowski; VEIGA, Ana Paula Beber; LUEDEMANN, Gustavo (Org.). Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil. Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: https://ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=34532. Acesso em: abril 2020.

FREITAS, Claudia Virginia; SILVA, Maria Lucia. Mudanças do clima: análise das conferências que trataram do mercado de carbono e seus principais resultados. *Brazilian Journal of Development*, São José dos Pinhais, v. 6, n. 10, out. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-093

GALLO, Crescenzo; FACCILONGO, Nicola; PIERMICHELE, Sala. Clustering analysis of environmental, emissions: A study on Kyoto Protocols impact on member countries. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 172, p. 3685-703, jan. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.194

GMACH, Maria Regina; DIAS, Bruno de Oliveira; SILVA, Carlos Alberto; NÓBREGA, Júlio César Azevedo; FILHO, José Lustosa; NETO Marcos Siqueira. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. *Geoderma Regional*, Amsterdam, v. 14, p. 76-98, set. 2018. DOI: 10.1016/j.geodrs.2018.e00178

GONCALVES, Daniel Ruiz Potma; INAGAKI, Tiago; SÁ, João Carlos de Moraes; CAIRES, Eduardo Fávero. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 231, p. 156–65, 2016.

GURGEL, Angelo; PALTSEV, Sergey; BREVIGLIERI, Gustavo Velloso. The impacts of the Brazilian NDC and their contribution to the Paris agreement on climate change. *Environment and Development Economics*, Cambridge, v. 24, n. 4, p. 1-18, 2019. DOI: 10.1017/S1355770X1900007XEDE

HALL, Bronwyn; HERMERS, Christian. Innovation and diffusion of clean/green technology: can patent commons help? *Journal of Environmental Economics and Management*, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 33-51, jul. 2013. DOI: 10.1016/j.jeem.2012.12.008

HERNANDES, Elis; ZAMBONI, Augusto; FABBRI, Sandra; THOMMAZO, André Di. Using GQM and TAM to evaluate StArt – a tool that supports Systematic Review. *CLEI Eletronic Journal*, Montevideo, v. 15, n. 1, p. 48-61, abr. 2012.

KHAN, Khalid S.; KUNZ, Regina; KLEIJNEN, Jos; ANTES, Gerd. Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, [s.l.], v. 96, p. 118-21, mar. 2003. DOI: 10.1177/014107680309600304

HODSON, Richard. Carbon-credit scheme linked to increased greenhouse-gas production. *Nature*, [s.l.], aug. 2015. DOI: 10.1038/NATURE.2015.18238

LAZARO, Lira Luz B.; GREMAUD, Amaury Patrick. Contribuição para o desenvolvimento sustentável dos projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo na América Latina. *Organizações & Sociedade*, Salvador, v. 24, n. 80, p. 53-72, 2017.

LEFRÈVE, Julien; WILLS, William; HOURCADE, Jean Charles. Combining low-carbon economic development and oil exploration in Brazil? An energy-economy assessment. *Climate Policy*, [s. l.], v. 18, n. 10, p. 1286-295, jan. 2018. DOI: 10.1080/14693062.2018.1431198

LUDENA, Carlos; NETTO, Maria; RYFISH, David. Estudo sobre um potencial mercado de carbono no estado de São Paulo. In: LUDENA, Carlos; NETTO, Maria; RYFISH, David (Org.). *Estudos sobre mercado de carbono no Brasil*. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2015. Disponível em: [https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Estudos-sobre-mercado-de-carbono-no-Brasil-\(Resume\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Estudos-sobre-mercado-de-carbono-no-Brasil-(Resume).pdf). Acesso em: 25 jan. 2021.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia científica*, 7. ed. São Paulo: Atlas 2017.

PAGLIOSA, Paulo Roberto; ROVAI, André Scarlate; FONSECA, Alessandra Larissa. Carbon mismanagement in Brazil. *Nature Climate Change*, London, v. 29, n. 11, p. 764-64, nov. 2012. DOI:10.1038/nclimate1718

PEIXER, Janaina Freiburger Benkendorf. Brazilian policy after the Paris Agreement: early failure of the climate targets? *Revista de Direito Ambiental e Sociedade*, Caxias do Sul, v. 9, n. 3, p. 57-80, set./dez. 2019.

PELLEGRINI, Giustina; INGRAO, Carlo; CAMPOSEO, Salvatore; TRICASE, Caterina; CONTO, Francesco; HUISINGHC, Donald. Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 112, p. 2407-418, oct. 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.088

PINTO, Geraldo Estevo; PIRES, André; GEORGES, Marcos Ricardo Rosa. O Antropoceno e a mudança climática: a percepção e a consciência dos brasileiros segundo a pesquisa IBOPE. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Paraná, v. 54, p. 1-25, jul./dez. 2020. DOI: 10.5380/dma.v54i0.67833

QI, Shaozhou; CHENG, Shihan; CUI, Jingbo. Environmental and economic effects of China's carbon market pilots: empirical evidence based on a DID model. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 279, feb. 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123720

RUMPEL, Cornelia; AMIRASLANI, Farshad; KOUTIKA, Lydie-Stella; SMITH, Pete; WHITEHEAD, David; WOLLENBERG, Eva. Put more carbon in soils to meet Paris climate pledges. *Nature*. [s.l.], v. 564, n. 7734, p. 32-4, dec. 2018. DOI: 10.1038/d41586-018-07587-4

SÁ, João Carlos de Moraes; LAL, Rattan; CERRI, Carlos Clemente; LORENZ, Klaus; HUNGRIA, Mariangela; CARVALHO, Paulo César Faccio. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. *Environment International*, Amsterdam, v. 98, p. 102-12, oct. 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.envint.2016.10.020

SARTO, Marcos; BORGES, Wander; SARTO, Jaqueline; RICE, Charles; ROSOLEM, Ciro. Deep soil carbon stock, origin, and root interaction in a tropical integrated crop–livestock system. *Agroforestry Syst*, [s.l.], v. 94, p. 1865-877, may 2020. DOI: 10.1007/s10457-020-00505-6

SCHNEIDER, Lambert; KOLLMUSS, Anja. Perverse effects of carbon markets on HFC-23 and SF6 abatement projects in Russia. *Nature Climate Change*, London, v. 5, n. 12, p. 1061-063, aug. 2015. DOI:10.1038/nclimate2772

SERAFIM, Milson Evaldo; OLIVEIRA, Geraldo César; OLIVEIRA, Alessandro Silva; LIMA, José Maria; GUIMARÃES, Paulo Tácito Gontijo; COSTA, Joyce Cristina. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do Alto São Francisco, MG: um estudo de caso. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 964-77, nov./dez. 2011.

SERAFIM, Milson Evaldo; ZEVIANI, Walmes Marques; ONO, Fábio Benedito; NEVES, Leonarda Grillo; SILVA, Bruno Montoani; LAL, Rattan. Reference values and soil quality in areas of high soybean yield in Cerrado region, Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 195, p. 75-92, aug. 2019. DOI: 10.1016/j.still.2019.104362

SILVA, Bruno Montoani; OLIVEIRA, Geraldo César; SERAFIM, Milson Evaldo; SILVA, Érika Andressa; FERREIRA, Mozart Ferreira; NORTON, Lloyd Darrel; CURY, Nilton. Critical soil moisture range for a coffee crop in an oxidic latosol as affected by soil management. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 154, p. 103-13, jun. 2015. DOI: 10.1016/j.still.2015.06.013

SOARES, Britaldo Filho; RAJÃO, Raoni. Traditional conservation strategies still the best option. *Nature Sustainability*, London, v. 1, n. 11, p. 608-10, nov. 2018. DOI: 10.1038/s41893-018-0179-9

WOLLENBERG, Eva *et al.* Reducing emissions from agriculture to meet the 2°C target. *Global Change Biology*, [s.l.], v. 22, n. 12, p. 3859-864, dec. 2016. DOI:10.1111/gcb.13340

WORLD BANK. *World Development Report: trading for development in the age of global value chains*. Washington: World Bank Group, 2020.

YI, Lan; BAI, Ning; YANG, Li; LI, Zhaopeng; WANG, Fei. Evaluation on the effectiveness of China's pilot market Policy. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 246, feb. 2020. DOI: doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119039

ZHANG, Xi; LI, Jian. Credit and Market risk measurement in carbono financing for chinese banks. *Energy Economics*, Amsterdam, v. 76, p. 549-57, oct. 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.eneco.2018.10.036

