



PROPOSTA DE CONTABILIZAÇÃO DA MUDANÇA DE USO DA TERRA NA POLÍTICA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS (RENOVABIO)

Marcelo Melo Ramalho Moreira¹, Renan Milagres Lage Novaes², Michelle Tereza Scachetti², Mateus Ferreira Chagas³, Joaquim Eugênio Abel Seabra⁴, Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura², Nilza Patrícia Ramos², Marcelo Augusto Boechat Morandi², Antônio Bonomi³

¹Agroicone, marcelo@agroicone.com.br

²Embrapa Meio Ambiente

³Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

⁴Universidade Estadual de Campinas

Resumo: A política nacional de biocombustíveis (RenovaBio) tem como objetivo promover a expansão dos biocombustíveis no Brasil a partir de modelos de produção mais sustentáveis, estimulando a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). A mudança de uso da terra (MUT) associada à produção de biomassa para biocombustíveis pode resultar em emissões significativas de GEE e não podem ser ignoradas. As três principais políticas internacionais para promoção de biocombustíveis tratam tais emissões por meio da contabilização da MUT direta e mecanismos de gestão de risco (EU-RED) ou pela estimativa de fatores da MUT indireta (*iLUC*; RFS e LCFS). Este trabalho tem como objetivo apresentar a proposta metodológica para a consideração de MUT no programa RenovaBio e as principais justificativas para sua opção em comparação com as outras alternativas disponíveis. As principais características observadas para o desenho e seleção da proposta foram: a- potencial de efetividade na mitigação de emissões de GEE associadas a MUT; b- nível de complexidade para implementação na primeira fase do programa; c- potenciais custos de certificação para as unidades produtoras; d- embasamento técnico-científico; e- sinergia com políticas e programas de uso da terra em vigor no Brasil e internacionais; e f- capacidade de cumprimento e assimilação pelo setor produtivo. A proposta consiste na adoção de mecanismos de gestão de risco no primeiro ciclo do RenovaBio através de critérios de elegibilidade ao programa com foco no controle da conversão direta de áreas de vegetação nativa e da expansão de biocombustíveis para áreas ambientalmente sensíveis através do alinhamento a políticas e instrumentos nacionais de ordenamento do uso da terra já vigentes, sem a necessidade de quantificação da MUT direta e indireta. No texto são apresentados os detalhes desses critérios, assim como as justificativas para sua adoção para assegurar a mitigação de emissões de GEE e promoção da sustentabilidade pelo RenovaBio.

Palavras-chave: RenovaBio, mudança de uso da terra, gestão de risco, *iLUC*, biocombustíveis.

Introdução

O Governo Federal, por meio do Ministério de Minas e Energia (MME), lançou em dezembro de 2016 o Programa RenovaBio, sancionado na forma da Lei Federal nº 13.576, em 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017). Esta política de Estado tem entre seus objetivos traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto no que se refere à sua contribuição para a segurança energética, com maior previsibilidade, quanto para mitigação de emissões de GEE no setor de energia. O programa tem sido desenhado para a introdução de mecanismos de mercado que visem reconhecer a capacidade de cada biocombustível, por unidade produtora, no objetivo de redução de emissões de GEE.

Um dos principais instrumentos do programa é a certificação da produção de biocombustíveis, na qual atribui-se Notas de Eficiência Energético-Ambiental para cada agente produtor. Essas notas refletirão a associação de sua contribuição individual em termos de emissões de GEE no ciclo de vida em relação ao seu substituto fóssil e consequente mitigação das emissões totais do país. A contabilização das contribuições individuais se dará por meio do cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis baseado na avaliação de ciclo de vida (ACV) dos mesmos. Esse cálculo subsidiará a composição da Nota de cada unidade de produção participante do programa que refletirá na sua possibilidade de obtenção de créditos de descarbonização (CBIO; BRASIL, 2017).

A mudança de uso da terra (MUT; ou *Land Use Change* - LUC) consiste na mudança de propósito para o qual a terra é utilizada pelo homem (por exemplo, entre uso agrícola e pastagens ou florestas e uso industrial; BSI, 2011) e podem ser classificadas entre diretas (*dLUC*), quando dentro do sistema do produto avaliado, e indiretas (*iLUC*) quando ocorrem como consequências da *dLUC*, mas fora do sistema de produto avaliado (ISO, 2013). No ciclo de vida de biocombustíveis, o processo de MUT pode ser o principal fator no perfil de emissões de GEE do produto, principalmente quanto à alteração nos estoques de carbono do solo e vegetação (CASTANHEIRA & FREIRE, 2013). Por esse motivo existe grande preocupação nacional e internacional quanto à relação entre expansão da produção, MUT e mitigação de emissões relacionadas aos biocombustíveis (FARGIONE et al, 2008; NASSAR et al., 2011) e consistem em

um aspecto central em políticas voltadas para esse tipo de produto. Existem diversas metodologias para contabilização e estimativas de MUT direta e indireta, mas ainda há grande debate científico sobre quais abordagens são mais adequadas de acordo com cada especificidade (PLEVIN et al, 2014; ROSA et al, 2016).

No processo de construção e regulamentação da política do Renovabio, foi estabelecido um grupo de trabalho técnico em ACV (GT-ACV) com o objetivo de desenvolver a proposta metodológica para os cálculos da intensidade de carbono dos biocombustíveis, incluindo MUT, e o levantamento de subsídios técnicos para as decisões sobre aspectos de cunho político por parte do Departamento de Biocombustíveis (DBio) do MME. O GT-ACV tem como componentes as instituições e autores deste artigo e forte interação com os diversos atores relacionados à política. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar a proposta metodológica para a consideração de MUT no programa RenovaBio selecionada pelo DBio/MME com base nas propostas e subsídios apresentados pelo GT-ACV e as principais justificativas para sua proposição em comparação com outras alternativas disponíveis.

Metodologia

A opção metodológica aqui apresentada foi desenhada observando-se principalmente as seguintes variáveis: a- potencial de efetividade na mitigação de emissões associadas a MUT; b- nível de complexidade para implementação na primeira fase do programa; c- potenciais custos de certificação para as unidades produtoras; d- embasamento técnico-científico; e- sinergia com políticas e programas de uso da terra em vigor no Brasil e internacionais; e f- capacidade de cumprimento e assimilação pelo setor produtivo.

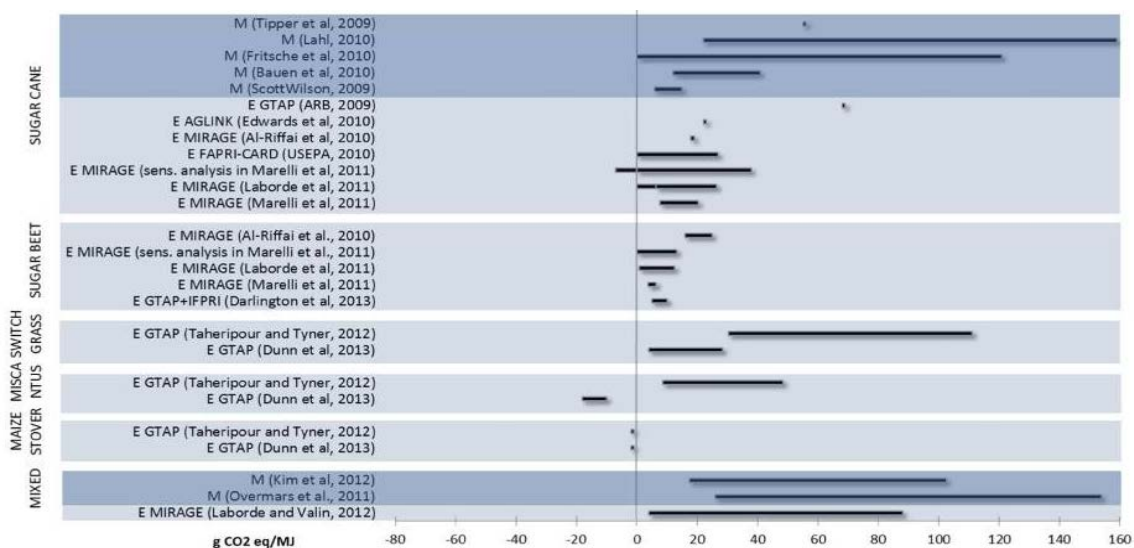
Os seguintes passos foram conduzidos no processo de consolidação da proposta:

1. Análise da literatura científica relacionada a MUT e biocombustíveis
2. Análise das regulamentações internacionais para fins similares ao do RenovaBio
3. Análise dos instrumentos e legislações nacionais que influenciam direta ou indiretamente no uso da terra
4. Levantamentos das alternativas disponíveis para consideração de MUT no Renovabio e dos pontos positivos e negativos de cada opção metodológica para o contexto brasileiro
5. Consulta a especialistas e atores (*stakeholders*) envolvidos na criação e regulamentação da política
6. Consolidação da proposta e preparo para submissão à consulta pública

Resultados e discussão

A literatura científica internacional que relaciona MUT aos biocombustíveis já data de mais de 10 anos. Os primeiros estudos se dedicaram a entender os impactos de conversão direta de diferentes paisagens para a produção de biocombustíveis (RIGUELATO E SPRACKLEN, 2007; FARGIONE et al , 2008), também conhecido como dLUC. Tais estudos alertaram para o fato que biocombustíveis a partir de insumos de baixa performance, em locais de altos estoques de carbono, podem emitir mais GEEs que os o uso de combustíveis fósseis. Após esse início, ganhou força internacionalmente o conceito de iLUC, sendo a publicação de Searchinger et al. (2008) a referência principal para tal abordagem. Ao acoplar modelagem econômica e modelos de uso da terra aos modelos de ciclo de carbono foi possível, teoricamente, avaliar o impacto de uso da terra de diversos biocombustíveis, mesmo que os insumos jamais venham a converter diretamente áreas de vegetação natural. Há uma enorme variação de resultados (Figura 1), demonstrando a falta de consenso sobre o tema na literatura científica.

Figura 1 – Variações nos resultados dos cálculos de intensidade de carbono de biocombustíveis considerando MUT por diferentes modelos e culturas agrícolas. Fonte: Ahlgren e Di Lucia (2014)



A Tabela 1 apresenta as características das principais regulamentações de biocombustíveis em escala global. Duas das principais regulamentações internacionais - *Renewable Fuel Standard* (RFS), política federal dos Estados Unidos e *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS), do estado da Califórnia - adotam a contabilização do iLUC para atribuir diferentes intensidades de carbono para os biocombustíveis. Em ambos os casos houve revisões significativas de tais estimativas para valores mais baixos após aprimoramento das metodologias. Para o caso brasileiro, os principais aprimoramentos dizem respeito a uma melhor interpretação da dinâmica de uso do solo no Brasil, dentre eles os sistemas de produtivos de segunda safra, a capacidade de intensificação das pastagens e os efeitos de políticas públicas e privadas de gestão territorial (Moreira, 2016). Na *Renewable Energy Directive 2009/28/EC* (RED), a União Europeia adotou abordagem de avaliação e gestão de risco (para iLUC) e contabilização de emissões de GEE para dLUC (Tabela 1).

Tabela 10 - Comparação entre metodologias para a avaliação das emissões de GEE de biocombustíveis no âmbito regulatório norte-americano e europeu

	RED	RFS	LCFS
Tipo de ACV	Atribucional e consequencial (tratamento da energia elétrica como coproduto)	Consequencial	Consequencial
Tratamento dos coprodutos	Alocação em base energética e expansão do sistema (apenas para energia elétrica)	Expansão do sistema	Alocação em base energética e expansão do sistema
Mudança do uso da terra (MUT)	Consideram-se somente os efeitos diretos. Não há valores "default" atribuídos à dLUC. Emissões amortizadas em 20 anos, sem taxa de desconto. Janeiro de 2008 como data de referência para o cálculo. Efeitos indiretos não considerados, sendo adotada a abordagem de avaliação e gerenciamento de risco	Modelagem dos efeitos diretos e indiretos conjuntamente. Emissões amortizadas em 30 anos. Há divisão entre DLUC doméstico (EUA) e internacional.	Modelagem dos efeitos diretos e indiretos conjuntamente. Emissões amortizadas em 30 anos.
Ferramentas de análise	BioGrace ²	REET, CENTURY, DAYCENT, FASOM e FAPRI-CARD	CA-GREET, OPGEE, GTAP e AEZ-EF

¹ A diretiva (2015/1513 de 9 setembro de 2015) introduz a gestão de risco de iLUC

² Modelo em planilhas de Excel auxiliar para uso no âmbito da RED

Fonte: adaptado de Khatiwada et al., 2012

O governo brasileiro e o setor produtivo têm adotado políticas que buscam o ordenamento do uso da terra no país. Os zoneamentos agroecológicos oficiais da cana-de-açúcar (BRASIL, 2009) e da palma de óleo (BRASIL, 2010) restringem a expansão de tais lavouras em áreas sensíveis e sobre vegetação nativa, além de prover instrumentos para o direcionamento das mesmas para regiões de maior aptidão e menor impacto socioambiental, tais como áreas de pastagens. A moratória da soja destaca-se como iniciativa privada, que logrou resultados importantes na melhor gestão territorial no bioma Amazônia (NEPSTAD et al, 2014). Por sua vez a Lei de Proteção à Vegetação Nativa nº 12.651 / 2012 (BRASIL, 2012), em que um dos principais elementos é o Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem potencial para impulsionar o uso eficiente e mais sustentável da terra no país e se tornar uma ferramenta efetiva contra a mudança climática (CHIAVARI E LEME, 2017).

A consulta a especialista teve entre seus objetivos verificar a viabilidade técnica de mensurar e verificar a MUT, assim como as respectivas mudanças no estoque de carbono. Foram contatados pesquisadores da área agrícola e ambiental, especialistas em geoprocessamento e profissionais que atuam na verificação de aspectos relacionados a MUT em protocolos de sustentabilidade. Pôde ser concluído que há dificuldade técnica de se determinar, com poucos recursos, o balanço final de carbono após a MUT, especialmente envolvendo pastagens. A mensuração de estoques de carbono também pode ser onerosa no processo de verificação. Por outro lado, há certa convergência na factibilidade de se reconhecer com baixo custo a conversão de vegetação nativa por meio de técnicas de geoprocessamento.

A proposta selecionada pelo DBio/MME, com base nas propostas e subsídios apresentados pelo GT-ACV, para a consideração de MUT na primeira fase do programa RenovaBio consiste na adoção de mecanismos de gestão de risco com foco no controle da conversão direta de áreas de vegetação nativa e da expansão de biocombustíveis para áreas ambientalmente sensíveis através do alinhamento a políticas e instrumentos nacionais de ordenamento do uso da terra vigentes, sem a necessidade de quantificação da MUT direta e indireta. A proposta é que eles sejam operacionalizados através de critérios de elegibilidade ao programa, ou seja, somente as unidades produtoras de biocombustíveis que atendam aos critérios poderiam ingressar no RenovaBio (Tabela 2).

Tabela 11 – Proposta de critérios de elegibilidade ao Programa RenovaBio relacionados ao processo de mudança de uso da terra

Biomassa	Critério de elegibilidade	Referência
Todas	Ausência de expansão de área de produção sobre áreas de vegetação nativa desmatadas a partir de dezembro 2017	Proposta para regulamentação RenovaBio
Todas	Legislação ambiental vigente relativa à proteção de vegetação nativa - verificável pelo status do CAR dos estabelecimentos rurais	Brasil, 2012
Cana-de-açúcar	Conformidade com o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar	Brasil, 2009
Palma de Óleo	Conformidade com o Zoneamento Agroecológico da Palma de Óleo	Brasil, 2010
Soja e milho	Ausência de expansão de área de produção sobre áreas desflorestadas no bioma Amazônia após julho de 2008	Proposta para regulamentação RenovaBio, com base em práticas adotadas pelo setor privado.

Essa proposta foi selecionada entre três outras alternativas levantadas: 1- a contabilização da MUT direta para cada área de cultivo de biomassa para biocombustíveis; a estimativa de efeitos de MUT indireta e adoção de fatores padrão (*iLUC factors*) para cada biomassa; 3- a exigência apenas de desmatamento zero a partir do início do programa. As principais características da proposta selecionada e as principais justificativas para sua escolha são discriminados abaixo:

- 1- Garante um controle rigoroso da conversão direta de áreas de vegetação nativa, que consiste no tipo de mudança de uso da terra com maior potencial de emissões de GEE (CASTANHEIRA & FREIRE, 2013; NOVAES et al., 2017) e de maior preocupação para a comunidade científica e sociedade em geral. Os demais tipos mais comuns de MUT têm emissões uma ordem de grandeza menores que a MUT de vegetação nativa para uso agrícola e são muito mais dinâmicos no tempo – por exemplo a MUT entre pastagem, lavouras anuais e



cana podem se alternar rapidamente ao longo dos anos. Dois tipos de MUT poderiam ter emissões mais altas – a conversão de uso com lavouras permanentes ou com silvicultura para usos agrícolas. No entanto, são relativamente raros no Brasil considerando os outros casos (NOVAES et al., 2017).

- 2- Assegura o controle da expansão de biocombustíveis para áreas sensíveis ao seu cultivo, conforme definido nos zoneamentos agroecológicos, lei de proteção da vegetação nativa (Brasil, 2009, 2010, 2012) e na Moratória da Soja (RUDORFF et al, 2011). Esses instrumentos não permitem por exemplo a expansão de cana e soja sobre floresta Amazônica ou a sobreposição das áreas de produção com áreas de preservação, como Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação. Tais casos estariam associados a um potencial de grande emissão de GEE e poderiam ser objeto de grande preocupação pela sociedade brasileira e internacional
- 3- Está alinhada com instrumentos de ordenamento da expansão agrícola estabelecidos há mais de cinco anos e já assimilados pelos setores produtivos (BRASIL, 2009, 2010, 2012; NEPSTAD et al, 2014). Com isso, seu uso como critérios de elegibilidade beneficia produtores atentos e regulares quanto à questões ambientais, os quais provavelmente não terão dificuldades de ingresso no programa, indicando uma alta capacidade de assimilação pelo setor produtivo.
- 4- Tem potencial de baixo custo de comprovação e certificação comparados às outras alternativas. Todos os critérios de elegibilidade podem ser verificados de forma remota por imagens de satélite ou outras fontes de informações disponíveis, como por exemplo o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), enquanto outras alternativas teriam potencial de prescindir de verificações em campo, que podem ter custos muito altos. Entre os seis critérios de elegibilidade, o item com maior potencial de dificuldade de verificação e novidade trazida para o setor seria a verificação de não conversão de vegetação nativa a partir de dezembro de 2017. No entanto, entre as alternativas apresentadas, somente a adoção de um *iLUC factor* poderia contornar essa dificuldade.
- 5- Evita a adoção na primeira fase do programa de modelos e métodos de maior complexidade e grandes incertezas científicas e metodológicas associadas, como a estimativa de MUT indireta, a discriminação entre níveis de degradação de pastagens, tipos de vegetação nativa ou tipos de manejo de solo e a verificação de estoques de carbono no solo (AHLGREN E DI LUCIA, 2014; FINKBEINER, 2014, ROSA et al., 2016; AGUIAR et al, 2017). A incorporação de tais incertezas nesse momento poderia desencadear grandes incertezas jurídicas além de maiores custos e tempo para certificação de forma a minimizar incertezas (caso de MUT direta) e para a regulamentação do programa em si (caso de MUT indireta).
- 6- Resguarda o programa de críticas sobre a promoção da competição entre alimentos e combustíveis. Os usos da terra com cana-de-açúcar ou pastagens tipicamente apresentam estoques de carbono bem maiores que lavouras anuais alimentícias, como arroz e feijão (NOVAES et al. 2017). A adoção de modelos de MUT direta propiciaria uma menor intensidade de carbono para a expansão de biocombustíveis sobre lavouras anuais em detrimento da expansão sobre pastagens e, portanto, estaria premiando a competição com lavouras alimentícias, resultado indesejado em uma política de biocombustíveis pela sociedade em geral.
- 7- Tem sinergia com vários padrões internacionais e literatura científica. A diretiva europeia e vários protocolos internacionais (como por exemplo Bonsucro, ISCC e RSB) se valem de mecanismos de gestão de risco através do estabelecimento de áreas sensíveis vedadas à expansão de biocombustíveis (KHATIWADA et al., 2012). Por outro lado, a adoção de *iLUC factors* tem sido alvo de grandes críticas e controvérsias pela comunidade científica (FINKBEINER, 2014; ROSA et al., 2016). Esse histórico dá à proposta apresentada robustez científica e política internacionalmente.
- 8- É transparente e de simples comunicação para o setor produtivo e sociedade. A contabilização de MUT direta ou indireta envolve complexos modelos de difícil compreensão por boa parte da sociedade, enquanto a adoção de critérios simples e de amplo conhecimento pode trazer transparência e facilitar a comunicação.

Durante a implementação da primeira fase e na preparação para a revisão na segunda fase do programa, os gestores da política poderão acompanhar o avanço científico e técnico das questões relacionadas à contabilidade de emissões de MUT, para que, se necessário, sejam previstas alterações ou incrementos do modelo de consideração de MUT no programa. É recomendável por exemplo que potenciais efeitos e estimativas de *iLUC* sejam avaliados, com modelos adequados à realidade brasileira e com o devido conhecimento de suas limitações e caso se verifique um potencial de

emissões significativas relacionadas, estas podem vir a ser contabilizadas e incorporadas ao programa, em conjunto com medidas mitigadoras que possam ser adotadas individualmente pelos produtores.

Conclusões

As formas de contabilização de MUT em protocolos internacionais sofreram muitas alterações no decorrer do tempo, devido ao amadurecimento das discussões e surgimento de novos modelos ou inclusão de dados anteriormente não considerados. Tais alterações geraram uma expressiva flutuação dos valores de emissão de GEE e, tendo em vista que essas experiências nunca impediram a implementação das políticas, a proposta aqui apresentada é de que o RenovaBio opte por uma abordagem de gestão de riscos através de critérios de elegibilidade conforme detalhado acima.

A proposta de consideração de MUT no RenovaBio apresentada nesse artigo reflete o status de conhecimento em fevereiro de 2018. A proposta de MUT, juntamente com o delineamento e configuração da calculadora de intensidade de carbono são parte do processo de regulamentação do RenovaBio e até sua aprovação passará por instâncias decisórias do governo, órgãos regulatórios, validação com partes interessadas, consulta pública e análise jurídica. Cada uma dessas etapas poderá revelar novas informações e demandar alterações na regulamentação. Dada a relevância do tema, a apresentação desse artigo poderá contribuir para o compartilhamento com a comunidade ACV de parte do arcabouço e histórico da regulamentação desse tema.

Agradecimentos

Agradecemos a contribuição de todos os envolvidos e consultados no desenvolvimento do trabalho, especialmente às equipes do Departamento de Biocombustíveis do MME, da Divisão de Recursos Energéticos Novos e Renováveis do MRE e da Superintendência de Biocombustíveis e de Qualidade de Produtos da ANP, e aos pesquisadores Bruno Alves, Gustavo Bayma, Luis Barioni da Embrapa, Arnaldo Walter e Juliana Picoli da Unicamp, Rodrigo Lima e Sofia Arantes da Agroicone, e Bernardo Rudorff e Joel Risso da Agrosatélite.

Referências

- AHLGREN, S.; DI LUCIA, L. Indirect Land Use Changes of Biofuel Production: A Review of Modeling Efforts and Policy Developments in the European Union. *Biotechnology for biofuels*, v. 7, n. 1, p. 35, 2014
- AGUIAR, D. A., MELLO, M. P., NOGUEIRA, S. F., GONÇALVES, F. G., ADAMI, M., & RUDORFF, B. F. T. (2017). MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. *Remote Sensing*, 9(1), 73.
- BRASIL. Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. 2009.
- BRASIL. Decreto nº 7.172, de 7 de maio de 2010. Aprova o zoneamento agroecológico da cultura da palma de óleo e dispõe sobre o estabelecimento pelo Conselho Monetário Nacional de normas referentes às operações de financiamento ao segmento da palma de óleo, nos termos do zoneamento. 2009.
- BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. 2012.
- BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017
- CASTANHEIRA, E. G., FREIRE, F. (2013). Greenhouse gas assessment of soybean production: Implications of land use change and diferente cultivation systems. *Journal of Cleaner Production*, 54, 49–60
- CHIAVARI J. , LOPES C. L . Forest and land use policies on private lands: an international comparison. *Climate Policy Initiative*. 2017.

- FARGIONE, J., et al. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, 319 (5867), 1235-1238., 2008.
- FINKBEINER, M. (2014). Indirect land use change—Help beyond the hype?. *Biomass and Bioenergy*, 62, 218-221.
- ISO/TS 14067:2013. Greenhouse Gases—Carbon Footprint of Products—Requirements and Guidelines for Quantification and Communication, 1st ed.; ISO Central Secretariat: Geneva, Switzerland, 2013.
- KHATIWADA, D. et al. Accounting greenhouse gas emissions in the lifecycle of Brazilian sugarcane bioethanol: methodological references in European and American regulations. *Energy Policy*, 47, 384-397, 2012. (doi 10.1016/j.enpol.2012.05.005).
- MOREIRA, M R. M. Estratégias para expansão do setor sucroenergético e suas contribuições para a NDC Brasileira. Tese de doutorado em Planejamento de Sistemas energéticos da UNICAMP. 2016.
- NASSAR, A M et al, Biofuels and land-use changes: searching for the top model. *Interface Focus*, v.1 (2), p 224-232, 2011.
- NEPSTAD, D., et al. (2014). Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science*, 344, 1118–1123.
- NOVAES, R.M.L., et al. (2017) Estimating 20-year land-use change and derived CO₂ emissions associated with crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. *Global Change Biology*. 2017; 23:3716–3728.
- PLEVIN, R. J., DELUCCHI, M. A., & CREUTZIG, F. (2014). Using attributional life cycle assessment to estimate climate-change mitigation benefits misleads policy makers. *Journal of Industrial Ecology*, 18(1), 73-83.
- RIGHELATO, R., e SPRACKLEN, D. V.. Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests?. *Science*. 2007
- ROSA, M., KNUDSEN, M. T., & HERMANSEN, J. E. (2016). A comparison of Land Use Change models: Challenges and future developments. *Journal of Cleaner Production*, 113, 183–193.
- RUDORFF, B. F. T., ADAMI, M., AGUIAR, D. A., MOREIRA, M. A., MELLO, M. P., FABIANI, L., ... & PIRES, B. M. (2011). The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. *Remote Sensing*, 3(1), 185-202.
- SEARCHINGER, T., et al. (2008) Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319 (5867), 1238-1240. 2008a
- SCHMIDT, J. H. et al. A framework for modelling indirect land use changes in Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-9, 2015.