



## Inventário de gases de efeito estufa do Estado do Acre – comparação de resultados dos anos-base de 2010 e 2012<sup>(1)</sup>.

**Falberni de Souza Costa<sup>(2)</sup>; Eufnan Ferreira do Amaral<sup>(3)</sup>; Nilson Gomes Bardales<sup>(4)</sup>; Judson Ferreira Valentim<sup>(3)</sup>; Marcus Vinício Neves d'Oliveira<sup>(3)</sup>; Edson Alves de Araújo<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Embrapa Acre e do Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais do Estado do Acre.

<sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, falberni.costa@embrapa.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador, Embrapa Acre; <sup>(4)</sup> Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq/Fapac; <sup>(5)</sup> Professor, Universidade Federal do Acre, *Campus Floresta*.

**RESUMO:** A informação periódica das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é compromisso do Brasil como signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Contudo, estados, municípios e empresas também podem monitorar suas emissões de forma voluntária por serem as suas fontes diretas e, portanto, agentes tanto de mitigação quanto de adaptação. Neste trabalho é apresentado o inventário de GEE do Estado do Acre para os anos-base de 2010 e 2012, conforme método descrito na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro em 2004 e 2010 e nos manuais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima, para os setores de energia; transportes; agropecuária; mudança no uso da terra e florestas (MUTF); e tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos como emissores. Como sumidouros os setores de MUTF, reflorestamento e regeneração natural da vegetação. O balanço anual do fluxo de CO<sub>2</sub> no Acre foi de 21.137 (2010) e 6.324 Gg (2012), uma redução de 70% no período. O setor de MUTF foi a maior fonte das emissões (97,2% e 90,3% respectivamente em 2010 e 2012) e responsável por 100% da remoção de CO<sub>2</sub> atmosférico, como decorrência dos processos de regeneração natural da vegetação e implantação de plantios florestais. Reduzir o desmatamento e promover sistemas de produção florestais com baixa emissão e maior capacidade de estocagem de carbono são estratégias importantes para tornar positivo o balanço de GEE do Acre.

**Termos de indexação:** mudança do uso da terra, agropecuária, florestas.

### INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são causadas em parte pela ação humana, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento atividades produção e transformação de matérias primas e alimentos, fibra e bioenergia (BEER, 2014).

Nas últimas décadas, a atividade antrópica tem modificado processos ambientais em escala global,

como a absorção de radiação ultravioleta pela camada de ozônio e o efeito estufa natural. A este têm sido incrementadas, de forma contínua no tempo, concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e clorofluorcarbonos (CFCs). Com exceção dos CFCs, os demais são os principais GEEs antropogênicos relacionados às atividades do setor primário da economia em escala global (IPCC, 2013). Conhecer a magnitude dos impactos, as fontes e sumidouros de GEEs, e seus processos geradores e fatores controladores são premissas científicas e tecnológicas atuais da pesquisa mundial na busca de formas adaptadas de assegurar a continuidade da produção de alimentos, fibras e biocombustíveis. Esses conhecimentos também são essenciais para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas em escala local, bem como mitigar a participação humana nesses processos, visando subsidiar políticas públicas e apoiar a tomada de decisões do setor privado no planejamento do desenvolvimento sustentável global, nacional e regional. A identificação e a quantificação das emissões antrópicas de GEEs é estimada por meio de inventários em diversas escalas espaciais e administrativas de um país. A recomendação para elaboração desses inventários foi acordada e aceita por vários países no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, (United Nation Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), doravante Convenção. O Brasil é signatário da Convenção e já informou o seu segundo inventário nacional de emissões (BRASIL, 2010).

Seguindo o princípio de monitoramento voluntário e informação periódica, e por ser fonte direta e, portanto, agente de mitigação e adaptação em escala estadual, o governo do Estado do Acre em parceria com universidades e instituições de pesquisa iniciou em 2012 o monitoramento das suas fontes e sumidouros para estimativa do balanço das emissões de GEE.



O objetivo deste trabalho é apresentar os principais resultados do inventário de GEE do Estado do Acre para os anos-base de 2010 e 2012.

### MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Acre está situado no extremo sudoeste da Amazônia brasileira (07°07 e 11°08 S e 66°30 e 74° WGr), com superfície de 164.221,36 km<sup>2</sup> (4% da Amazônia brasileira e 1,9% do Brasil e com fronteiras internacionais com o Peru e a Bolívia e nacionais com os Estados do Amazonas e de Rondônia. Os solos acrianos são de origem sedimentar e a vegetação nativa é composta das florestas Tropical Densa e Tropical Aberta, caracterizadas por heterogeneidade florística e, portanto, de valor econômico para o estado. O clima é equatorial quente e úmido, caracterizado por elevadas temperaturas (média anual de 24,5°C), índices de precipitação pluviométrica (> 2.000mm ano<sup>-1</sup>) e umidade relativa do ar (> 80% todo o ano). Sua hidrografia, complexa e com drenagem bem distribuída, é formada pelas bacias do Juruá e do Purus, afluentes da margem direita do rio Solimões. O Estado do Acre é dividido politicamente em cinco regionais de desenvolvimento: Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá/Envira e Juruá (ACRE, 2010).

O método geral de cálculo das emissões e os fatores de emissão estão descritos na Comunicação Nacional Inicial do Brasil (BRASIL, 2004) e na Segunda Comunicação Nacional do Brasil (BRASIL, 2010) à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, publicadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação – MCTI, e no Manual Revisado de 1996 (HOUGHTON et al., 1996), Guia de Boas Práticas e Tratamento de Incertezas de 2000 (PENMAN et al., 2000) e Guia de Boas Práticas para Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Floresta (PENMAN et al., 2003), todos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC).

O nível de detalhe Tier 1 foi utilizado para os setores de energia, transporte, agropecuária e resíduos, enquanto o Tier 2 foi utilizado para o setor de mudança de uso da terra e florestas (HOUGHTON et al., 1996; PENMAN et al., 2003). Tier é o grau de complexidade do método adotado para estimar as emissões de GEE. Tier 1 utiliza coeficientes recomendados pelo IPCC para escala global. Tier 2 é similar ao tier 1, mas com fatores de emissão específicos de um país, região ou estado. Todo o território acriano foi analisado e os resultados obtidos a partir da integração e modelagem dos níveis de informação de municípios (ACRE, 2010); tipologias florestais (ACRE, 2010); solos (ACRE, 2010); uso da terra em 2010 (ACRE, 2011) e uso da terra em 2012 (ACRE, 2013a).

Para cada um dos gases inventariados foram estimadas as emissões antrópicas e os sumidouros na unidade de gigagrama (10<sup>9</sup> g ou 1.000 toneladas) ou megagrama (10<sup>6</sup> g ou 1 t), conforme a magnitude da atividade por setor.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os setores de energia, transporte, mudança de uso do solo e floresta apresentaram a maior contribuição para as emissões de CO<sub>2</sub>. Os setores de transporte, agropecuária e de tratamento e disposição de resíduos apresentaram a maior contribuição para as emissões de CH<sub>4</sub>. Os setores de energia e transporte apresentaram a maior contribuição para as emissões indiretas de GEE de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP).

O balanço anual (diferença entre a emissão antrópica total e a remoção por sumidouros por tipo de GEE) do fluxo de CO<sub>2</sub> em 2010 e 2012 no Estado do Acre foi de 21.137 e 6.324 Gg, respectivamente, o que representa uma redução de 14.813 Gg (70%) nas emissões de CO<sub>2</sub> no período. O setor de mudança no uso da terra e florestas foi a fonte de maior contribuição para a emissão de CO<sub>2</sub>, respondendo por 97,2% em 2010 e 90,3% em 2012. Esse setor foi também responsável por 100% da remoção de CO<sub>2</sub> atmosférico, tanto em 2010 quanto em 2012, como decorrência de processos de regeneração natural de vegetação. A remoção de CO<sub>2</sub> por sumidouros aumentou 69% pela redução de 55% na taxa anual de desmatamento e ao aumento da área (de 230.273 ha para 319.354 ha) e ao crescimento de florestas secundárias no Estado do Acre (ACRE, 2013b).

Os setores de energia e transporte foram responsáveis por 0,50 % e 2,3 % da emissão em 2010, e por 1,4 % e 8,3 % em 2012.

Em 2012, as emissões de CH<sub>4</sub>, NMHC, NOx e MP aumentaram 3%, 15 %, 8% e 9 %, respectivamente, em relação a 2010. As emissões de CO diminuíram 11% no mesmo período (Figura 1). Os aumentos foram atribuídos ao maior consumo de combustível decorrente da geração de energia elétrica em motores estacionários e ao aumento da frota de veículos no Estado do Acre. As reduções foram atribuídas à atualização das informações sobre a frota de motocicletas, que, embora tenha aumentado de 2010 para 2012, é constituída por veículos relativamente novos, logo com menor fator de uso, e, portanto, menor potencial emissor de CO.

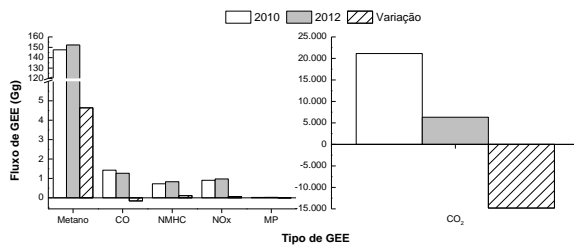


Figura 1 – Fluxos de GEE no Estado do Acre no período de 2010 a 2012. Valores positivos são efluxos (emissão) e negativos influxos (emissões evitadas).

Os resultados apresentados neste trabalho confirmam o setor de mudança de uso da terra e floresta como o de maior contribuição para as emissões de CO<sub>2</sub>. Todavia os resultados também demonstram que é nesse setor a maior oportunidade de remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera por meio da regeneração natural da vegetação, e de inovação tecnológica na adoção em larga escala de sistemas de produção agropecuários e florestais com menores emissões de GEE e maior capacidade de estocagem de carbono. Os ganhos de produtividade na agropecuária no Brasil nos últimos 40 anos devido a tecnologias desenvolvidas por instituições como a Embrapa e universidades contribuíram para redução das emissões de GEE. Porém, a produtividade atual dos sistemas de produção agropecuários ainda está abaixo da produtividade potencial. A geração e maior adoção de inovações tecnológicas são essenciais para conciliar aumento da produção agropecuária com a mitigação dos seus impactos ambientais (STRASSBURG et al., 2014).

As incertezas entre emissões e remoções são ainda um desafio para maior acurácia dos balanços de GEE para os países, estados e municípios.

Para melhorar as estimativas das emissões de GEE no setor de agropecuária, há necessidade de modelar as alterações na produtividade dos diferentes sistemas de produção de acordo com diferentes cenários de mudanças climáticas. Também é necessário estruturar uma base de dados com a quantidade e tipos de insumos (calcário e adubos) utilizados na agricultura acriana para avaliar as emissões associadas ao seu uso.

Para as emissões diretas do rebanho é necessário incluir outras categorias de animais nas estimativas de emissões da pecuária. As categorias de suínos e aves estão em expansão no Estado do Acre. Portanto, as emissões associadas aos dejetos desses animais devem ser consideradas no próximo ano-base do inventário. Uma atividade também em expansão no Acre é a piscicultura e seu impacto no aumento ou redução das emissões de GEE por unidade de área ainda não é conhecido.

Outra variável a ser considerada em edições futuras do inventário é o quantitativo de máquinas agrícolas e suas respectivas emissões, uma vez que esse setor experimenta rápida transição da agricultura de derruba e queima para sistemas de produção agropecuários com base na intensificação do uso das áreas antropizadas. A diferença entre a área mecanizada para plantios ou semeaduras e a área efetivamente utilizada para esses fins também é uma informação relevante.

Para o setor de uso da terra e floresta, os resultados apresentados têm como base grande diversidade de fontes, o que torna complexa a mensuração das incertezas envolvidas. A combinação do desenvolvimento de equações alométricas regionais, por meio de parcelas destrutivas, para a estimativa dos estoques de biomassa e carbono em inventários florestais, com a aquisição de dados secundários de perfilamento a laser aerotransportado (lidar) e imagens de alta resolução pode reduzir as incertezas nas estimativas do estoque de carbono na biomassa florestal.

No caso do estoque de carbono de solos, a associação de levantamentos mais detalhados das classes de solo do Estado do Acre com coletas a campo de amostras para análises físicas (densidade do solo e granulometria, por exemplo) e químicas (carbono, nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio, etc.), seguindo o protocolo recomendado pelo IPCC, acrescido do uso de geotecnologias, também podem contribuir para reduzir as incertezas nas estimativas de emissões e sumidouros de GEE.

Adicionalmente, devem-se considerar, nas análises anuais de desmatamento, as variáveis de regeneração, degradação florestal e de áreas afetadas por incêndios, bem como aquelas efetivamente relacionadas à utilização por rebanhos animais. Nessa direção, é relevante entender e tratar as estimativas dessas mudanças de uso da terra considerando-se que as informações oficiais das categorias animais são referentes ao final de cada ano (dezembro) e que as imagens utilizadas para as estimativas de desmatamento e regeneração, por exemplo, refletem a situação de meses (julho-agosto) da estação seca da Amazônia, quando essas imagens podem ser geradas por satélites com menor interferência de nuvens.

Outro aspecto relevante a ser considerado nos estudos futuros refere-se à quantificação das áreas usadas com agricultura. As lavouras anuais possuem ciclo de cultivo que ocorre entre setembro e junho, portanto, fora do período de obtenção das imagens usadas nas avaliações do uso da terra. Em 2012, a Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2014) registrou 135.180 ha com lavouras anuais e 17.748 ha com lavouras perenes, resultando em uma área total de 152.928 ha com agricultura. Entretanto, a





área com agricultura identificada no presente trabalho foi de 30.482 ha, uma diferença de 122.446 ha. Isso indica que as imagens de satélite usadas foram capazes de detectar as áreas plantadas com lavouras perenes e parte das áreas remanescentes de lavouras anuais do ano agrícola anterior. Há necessidade de aperfeiçoar a metodologia para melhor monitoramento das áreas com agricultura (tradicional e intensiva), para assegurar maior acurácia aos resultados dos futuros inventários de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do Estado do Acre.

Ainda nesse setor, é necessário diferenciar as categorias de capoeira e de pasto degradado. Parte de áreas com capoeiras ainda é de pastos em estágio avançado de degradação, mas que continua sendo utilizada como pasto.

Finalmente, estratégias de integração lavoura-pecuária-floresta precisam de monitoramento de área ocupada, visto que, além de utilização de área única para diversas atividades, os ganhos de carbono são garantidos no caso de inclusão de espécies arbóreas.

### CONCLUSÕES

A forte redução nas emissões de GEE no Estado do Acre no período estudado foi produzida pela combinação da efetividade de políticas públicas voltadas para a redução e controle do desmatamento e a implantação de sistemas mais eficientes de produção agropecuária. A redução do desmatamento e a recuperação e manutenção da capacidade produtiva do solo em áreas em que a floresta nativa já foi retirada são formas que contribuem de forma significativa tanto para a redução das emissões quanto remoção de gases de efeito estufa da atmosfera.

Reduzir as incertezas em inventários com o alcance espaço-temporal como o pretendido neste trabalho está diretamente associado e dependente do aumento da capacidade de monitoramentos dos processos e suas variáveis de controles relacionadas tanto com as emissões quanto as remoções de gases de efeito estufa nas atividades nos setores de mudança de uso da terra e floresta e agropecuária.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio à realização deste trabalho a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e ao Governo do Estado do Acre, representado pelo seu Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais (IMC).

### REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala

1:250.000): documento síntese. 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356p.

ACRE. Governo do Estado. Uso da Terra em 2010: base de dados geográfica. Rio Branco: IMC, 2011.

ACRE. Governo do Estado. Uso da Terra em 2012: base de dados geográfica. Rio Branco: IMC, 2013a.

ACRE. Governo do Estado. Avaliação do desmatamento no Estado do Acre para os anos 2011 e 2012 com base na metodologia da UCEGEO. Rio Branco: IMC, 2013b. 44p.

BEER, R. É ciência pura, e não crença. Revista Veja, São Paulo, p.17-21, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF, 2004. 274 p.

BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Brasília, DF: CGMC, 2010. 280 p. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0213/213909.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213909.pdf)>. Acesso em 21 maio. 2012.

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; LIM, B.; TREANTON, K.; MAMATY, I.; BONDUKI, Y.; GRIGGS, D. J.; CALLENDER, B. A. (Ed.). Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. United Kingdom: IPCC, 1996. 3 v.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2012/default.shtm>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535p.

IPCC – Segundo Relatório de Avaliação, 1995. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2ndassessment-en.pdf>. Acesso em 15 jan. 2015.

PENMAN, J.; GYTARSKY, M.; HIRAISHI, T.; KRUG, T.; KRUGER, D.; PIPATTI, R.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K.; WAGNER, F. (Ed.). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Hayama: IPCC, 2003.

PENMAN, J.; KRUGER, D.; GALBALLY, I.; HIRAISHI, T.; NYENZI, S.; EMMANUL, S.; BUENDIA, L.; HOPPAUS, R.; MARTINSEN, T.; MEIJER, J.; MIWA, K.; TANABE, K. (Ed.). Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. [Hayama?]: IPCC, 2000.

STRASSBURG B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil, Global Environmental Change, 28:84-97, 2014.