

Inventário de Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre:

Ano-Base 2012



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais*

Inventário de Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre: Ano-Base 2012

*Falberni de Souza Costa
Eufran Ferreira do Amaral*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos no (a):

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido
Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321
CEP 69900-056 Rio Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200
Fax: (68) 3212-3284
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações

Presidente

José Marques Carneiro Júnior

Secretária-executiva

Claudia Carvalho Sena

Membros

Carlos Mauricio Soares de Andrade, Clarissa

Reschke da Cunha, José Tadeu de Souza

Marinho, Lúcia Helena de Oliveira Wadt,

Luciano Arruda Ribas, Patrícia Silva Flores,

Rodrigo Souza Santos, Tadário Kamel de

Oliveira, Tatiana de Campos

Supervisão editorial e revisão de texto

Claudia Carvalho Sena

Suely Moreira de Melo

Normalização bibliográfica

Renata do Carmo França Seabra

Projeto gráfico, editoração eletrônica,

tratamento de ilustrações

Regis Macuco

1ª edição

1ª impressão (2014): 300 exemplares

Unidade e instituição responsáveis pelo conteúdo

Embrapa Acre

Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de
Serviços Ambientais Instituto de Mudanças
Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais

Av. Nações Unidas, 233, Bosque, 2º andar

CEP 69900-720 Rio Branco, AC

Fone: (68) 3223-1933

Fax: (68) 3223-9962/3215-4450/3215-4451

www.imc.ac.gov.b

gabinete.imc@ac.gov.br

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Acre

Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do
Estado do Acre : ano-base 2012 / Falberni de Souza Costa, Eufra Ferreira do
Amaral, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

98 p. : il. color. ; 21 cm x 17 cm.

Coedição: Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços
Ambientais.

ISBN 978-85-7035-433-4.

1. Efeito estufa. 2. Emissões antrópicas. 3. Sumidouros de gases. 4. Acre. I. Costa,
Falberni de Souza. II. Amaral, Eufra Ferreira do. III. Embrapa Acre. IV. Instituto de
Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais.

CDD 551.63

©Embrapa 2014

Autores

Antônio Willian Flores de Melo

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ecologia Aplicada, professor da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC

Charles Henderson Alves de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, técnico do Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais, Rio Branco, AC

Edson Alves de Araújo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Federal do Acre, *Campus* Floresta, Cruzeiro do Sul, AC

Eufraim Ferreira do Amaral

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador e chefe-geral da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Falberni de Souza Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

João Luiz Lani

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

Judson Ferreira Valentim

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Júlio Cesar Pinho Mattos

Engenheiro sanitário, mestre em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, técnico da Secretaria de Meio Ambiente do Acre, Rio Branco, AC

Leandro Sampaio

Tecnólogo em Gestão Ambiental, técnico do Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais, Rio Branco, AC

Marcus Vinício Neves d'Oliveira

Engenheiro florestal, Ph.D. em Manejo de Florestas Nativas, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Nilson Gomes Bardales

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq/Fapac, Rio Branco, AC

Instituições colaboradoras

Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Acre – Sema

Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Acre – Idaf

Unidade Central de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do Estado do Acre
– Ucegeo

Instituto de Meio Ambiente do Acre – Imac

Secretaria da Indústria, do Comércio e dos Serviços Sustentáveis – Sedens

Departamento de Trânsito do Estado do Acre – Detran

Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Rio Branco e demais municípios do
Acre – Semsur

Central Elétrica do Norte do Brasil no Acre – Eletronorte (Regional Acre)

Universidade Federal do Acre – Ufac

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Grupo de Estudos e Serviços Ambientais da Universidade Federal do Acre –
AcreBioClima

Prefeitura Municipal de Rio Branco – PMRB

Fundação de Tecnologia do Acre – Funtac

Apresentação

O Acre é o primeiro estado da Amazônia a ter um Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) e o quarto do Brasil a ter este instrumento, que aqui se transforma numa base de dados eficiente para monitorar e avaliar as fontes e sumidouros no estado.

O inventário de GEE contabiliza de maneira precisa as emissões de carbono, constituindo-se um instrumento de trabalho para pesquisadores, estudantes, técnicos e tomadores de decisão envolvidos em ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a partir da implementação de programas, planos de ação ou projetos, de acordo com os princípios e critérios estabelecidos.

O inventário está estruturado em dois capítulos. No primeiro capítulo são apresentadas as estimativas setoriais (energia – termelétricas; transporte – fontes móveis veiculares; mudança no uso da terra e florestas; agropecuária; disposição e tratamento de resíduos) das emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa. Os destaques nesse capítulo são a abordagem no nível de detalhamento TIER 2 do setor de uso da terra, mudança no uso da terra e floresta, conforme recomendado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, doravante convenção, e a inserção da avaliação dos estoques totais de carbono por município. Nesse capítulo ainda é apresentada a contabilização das emissões-sumidouros de GEE. No segundo capítulo são realizadas recomendações setoriais a partir dos resultados do inventário e considerando-se o contexto atual do Estado do Acre.

Colocamos à disposição da sociedade acriana e mundial um documento de referência que mostra os caminhos das emissões e dos sumidouros nesta porção da Amazônia.

Eufran Ferreira do Amaral
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Magaly Medeiros
Diretora-Presidente do Instituto de
Mudanças Climáticas e Regulação de
Serviços Ambientais do Acre

Prefácio

O Sistema Estadual de Incentivos aos Serviços Ambientais nos últimos três anos estruturou um exemplo de governança para o mundo, que se pauta em transparência e participação com base em conhecimento científico disponível, gerando resultados concretos para produtores e produtoras rurais.

Os desafios impostos pelas mudanças globais e pelos eventos extremos exigem ações imediatas para a substituição de nossos padrões de consumo e produção, a manutenção da biodiversidade e o uso de fontes alternativas de energia para estabelecer uma economia de baixo carbono, inclusiva, intensiva e sustentável que promova a manutenção dos produtos e serviços ecossistêmicos para as atuais e futuras gerações.

Nesse contexto de desafios, o governo do Estado do Acre, por meio de seu Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais (IMC), e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e sua Unidade Descentralizada no Estado do Acre, Embrapa Acre, apresentam o segundo Inventário de Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa. Este segundo inventário traduz o esforço para se determinar as principais fontes de gases de efeito estufa nas atividades produtivas e a quantidade de GEE lançada à atmosfera por essas atividades.

O inventário se integra ao Zoneamento Ecológico-Econômico e é um instrumento indispensável para a análise das questões relacionadas à intensificação do efeito estufa causado pelas atividades humanas, disponibilizando informações e integrando-as na estratégia estadual para mitigação das emissões dos GEE do Acre.

A elaboração deste inventário, iniciado no ano de 2012 (que se constitui o ano de referência), reforça o compromisso assumido pelo Acre, em seu Plano Estadual de Prevenção e Combate ao Desmatamento, de atender às recomendações da convenção e ressalta a importância que se atribui à busca de uma sociedade ética, de uma economia inclusiva e de um meio ambiente sustentável, nos contextos local e global.

É uma pequena contribuição ao Brasil e ao planeta de quem com ajuda de todos está avançando na melhoria dos sistemas produtivos, superando desigualdades sociais com conservação ambiental.

Tião Viana
Governador do Estado do Acre

Sumário

Capítulo 1 – Estimativas das Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre	17
1. Introdução	17
1.1. Gases de efeito estufa antropogênico	20
1.2. Setores inventariados	21
1.3. Método de cálculo das emissões e sumidouros	23
2. Sumário das emissões por fontes antrópicas e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa	29
3. Emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa por setor	32
3.1. Energia – geração de energia por termelétricas	32
3.1.1. Matrizes energéticas no Estado do Acre	32
3.1.2. Emissões de CO ₂	33
3.1.3. Emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NO _x) e material particulado (MP) por regional de desenvolvimento	36
3.2. Transportes – fontes móveis veiculares	39
3.2.1. Emissões de GEE pela frota acriana de veículos automotores	45
3.3. Mudança de uso da terra e florestas	47
3.3.1. Método de abordagem	47
3.3.1.1. <i>Representação de áreas</i>	47
3.3.1.2. <i>Cálculo das emissões e remoções</i>	57
3.3.2. Dados	59
3.3.2.1. <i>Mapa do uso da terra</i>	59
3.3.2.2. <i>Estoque de carbono da biomassa viva e matéria orgânica morta</i>	59
3.3.2.3. <i>Carbono dos solos</i>	62
3.3.2.4. <i>Definição dos fatores de emissão e outros parâmetros necessários à estimativa das emissões e remoções de CO₂</i>	63
3.3.3. Resultados	65
3.4. Agropecuária – foco para a pecuária bovina estadual	77
3.5. Tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos	85
4. Incertezas das estimativas	87
Capítulo 2 – Recomendações Setoriais	89
1. Método e periodicidade do inventário	89
2. Lacunas de informação do inventário	89
2.1. Informações setoriais	90
3. Lacunas de infraestrutura – redes instrumentais de monitoramento da qualidade ambiental – matrizes sólida, líquida e gasosa	93
Referências	95

Lista de figuras

Figura 1.	Municípios e regionais de desenvolvimento do Estado do Acre.	21
Figura 2.	Fluxos de gases de efeito estufa (GEE – metano – CH ₄ ; monóxido de carbono – CO; hidrocarboneto não metano – NMHC; óxidos de nitrogênio – NOx; material particulado – MP; e dióxido de carbono – CO ₂) no Estado do Acre no período de 2010 a 2012.	31
Figura 3.	Emissão de CO ₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos em 2000.	33
Figura 4.	Emissão de CO ₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).	34
Figura 5.	Emissão de CO ₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos em 2012.	35
Figura 6.	Emissão de CO ₂ na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre no período de 2010 e 2012.	36
Figura 7.	Emissão de monóxido de carbono (CO) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).	37
Figura 8.	Emissão de hidrocarbonetos não metano (NMHC) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).	38
Figura 9.	Emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (decréscimo em relação a 2010).	38
Figura 10.	Emissão de material particulado (MP) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (decréscimo em relação a 2010).	39
Figura 11.	Frota de automóveis nos municípios acrianos em 2010.	41
Figura 12.	Frota de caminhões nos municípios acrianos em 2010.	42
Figura 13.	Frota de motocicletas nos municípios acrianos em 2010.	42
Figura 14.	Frota de automóveis nos municípios acrianos em 2012.	43
Figura 15.	Frota de caminhões nos municípios acrianos em 2012.	44
Figura 16.	Frota de motocicletas nos municípios acrianos em 2012.	44
Figura 17.	Estoque total de carbono (vegetação + solo) nos municípios acrianos em 2012.	74
Figura 18.	Estoque de carbono da vegetação (aéreo) dos municípios acrianos em 2012.	75
Figura 19.	Estoque de carbono dos solos dos municípios acrianos em 2012.	75
Figura 20.	Estoque de carbono da vegetação e do solo em relação à área dos municípios acrianos em 2012.	76
Figura 21.	Rebanho municipal bovino do Estado do Acre em 2010.	79
Figura 22.	Rebanho municipal bovino do Estado do Acre em 2012.	79
Figura 23.	Rebanho municipal equino do Estado do Acre em 2010.	80
Figura 24.	Rebanho municipal equino do Estado do Acre em 2012.	80
Figura 25.	Rebanho municipal de aves do Estado do Acre em 2010.	81
Figura 26.	Rebanho municipal de aves do Estado do Acre em 2012.	81
Figura 27.	Rebanho municipal ovino do Estado do Acre em 2010.	82
Figura 28.	Rebanho municipal ovino do Estado do Acre em 2012.	82
Figura 29.	Rebanho municipal suíno do Estado do Acre em 2010.	83
Figura 30.	Rebanho municipal suíno do Estado do Acre em 2012.	83
Figura 31.	Emissão de metano da pecuária bovina acriana (fermentação entérica e manejo de dejetos) nos anos de 2010 e 2012.	84
Figura 32.	Emissão líquida anual de CH ₄ a partir de resíduos sólidos nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo).	85
Figura 33.	Estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos no Estado do Acre com base na metodologia de cálculo da Abrelpe.	86
Figura 34.	Localização das atuais disposições finais (lixões e 1 aterro sanitário) e áreas com processo de licenciamento ambiental ativo no Estado do Acre.	86

Lista de tabelas

Tabela 1.	Emissão antrópica total, remoção por sumidouro e balanço anual por tipo de GEE e por setor/fonte no Estado do Acre para os anos de 2010 e 2012.	30
Tabela 2.	Emissões de dióxido de carbono – CO ₂ por tipo de combustível e monóxido de carbono – CO, hidrocarbonetos não metano – NMHC, óxidos de nitrogênio – NOx, material particulado – MP e metano – CH ₄ por veículos com motores do ciclo diesel e motocicletas em 2010 e 2012.	46
Tabela 3.	Classes de vegetação ocorrentes no Estado do Acre – ZEE Fase II.	49
Tabela 4.	Classes de solo, unidades de mapeamento, percentual em relação à área do Estado do Acre e primeiro componente da unidade.	50
Tabela 5.	Matriz de integração de vegetação natural e ordem de solos no Estado do Acre.	53
Tabela 6.	Categorias de uso da terra mapeadas em cada ano de avaliação no Estado do Acre e sua relação com as classes definidas no IPCC.	56
Tabela 7.	Biomassa viva acima do solo (BVA ± desvio padrão) e biomassa abaixo do solo (BS) para as tipologias florestais do Estado do Acre.	61
Tabela 8.	Estoque de carbono (kg m ⁻³) até 1 metro de profundidade nas classes de solos de ocorrência no Estado do Acre.	62
Tabela 9.	Fatores de alteração ou correção (FC) do carbono de solos com a mudança de uso da terra e florestas no Estado do Acre.	65
Tabela 10.	Mudanças de uso da terra e florestas observadas no período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.	66
Tabela 11.	Emissão líquida de CO ₂ devido à variação do carbono no solo pela mudança de uso da terra e florestas no período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.	68
Tabela 12.	Mudança do estoque de CO ₂ devido à transição de uso da terra e florestas de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.	69
Tabela 13.	Emissão bruta de CO ₂ por tipologia florestal convertida no Estado do Acre no ano de 2010.	71
Tabela 14.	Evolução da emissão líquida anual no Estado do Acre considerando os anos de 2010 e 2012 para o setor de mudança de uso da terra e florestas.	72
Tabela 15.	Estoques de carbono da vegetação e do solo nos municípios acrianos em 2012.	73
Tabela 16.	População de diferentes categorias de rebanhos no Estado do Acre.	78

Estimativas das Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre 1

Falberni de Souza Costa

Eufran Ferreira do Amaral

Júlio Cesar Pinho Mattos

Nilson Gomes Bardales

Marcus Vinício Neves d'Oliveira

Judson Ferreira Valentim

Edson Alves de Araújo

João Luiz Lani

Charles Henderson Alves de Oliveira

Antônio Willian Flores de Melo

1. Introdução

Em recente entrevista, o atual presidente do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), Rajendra K. Pachauri, foi indagado se há mérito nas teorias que tiram a contribuição da civilização industrial da equação, indicando que o aquecimento é resultado do ciclo natural da Terra (BEER, 2014, p. 17-21). A resposta para a indagação foi a seguinte:

Os registros climáticos que podemos chamar de científicos começaram a ser feitos em 1850. Antes não havia medições confiáveis. Quando fizemos os modelos de previsões, consideramos também as variantes naturais, como é o caso dos picos de atividade solar. O que se nota, porém, é que o aquecimento medido não pode ser explicado apenas pelas causas naturais. Quando introduzimos os dados referentes às emissões de gases de efeito estufa pela civilização, a equação

se fecha. Os cálculos mostram quanto do aquecimento é causado pelo homem. Nossa conclusão mais recente é que há 95% de certeza de que o aquecimento anormal que vem ocorrendo desde meados do século XX é resultante da ação de nossa civilização.

Considerando o princípio da precaução enfatizado pelo presidente do IPCC (BEER, 2014), este inventário assume que há relação das atividades humanas com as mudanças climáticas na Amazônia Brasileira e no Estado do Acre, com foco, especialmente, para as atividades agropecuárias e florestais. Entretanto, considerando os 5% de incerteza, a parcela de contribuição efetiva e precisa da Amazônia Brasileira é tema contínuo de pesquisa nacional e internacional, somente com um aspecto bem definido: as incertezas precisam ser reduzidas para intervenção eficiente nas causas dessa relação.

Para a redução de incertezas é necessário, por exemplo, que séries históricas de dados de setores econômicos associados àquela relação sejam incorporadas à gestão da informação de empresas públicas e privadas. Também é preciso que as pesquisas na busca de alternativas tecnológicas à produção agropecuária e florestal agreguem componentes mitigadores das emissões e/ou com potencial de servirem como sumidouros de gases de efeito estufa.

Os resultados do Experimento de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) demonstram que, por exemplo, locais da Amazônia Brasileira estão no presente com maior sequestro líquido de carbono durante a estação seca, em comparação com o período chuvoso, possivelmente devido à disponibilidade de água em solos profundos e à maior radiação fotossintética durante a estação seca. Outro resultado indica a importância que o entendimento da ciclagem de nutrientes tem para a recuperação de áreas degradadas na Amazônia, com descrição de complexos mecanismos envolvidos no balanço de fósforo e de nitrogênio em cronosequências de recuperação de vegetação. Desses resultados foi observado que são necessários, no mínimo, 70 anos para o restabelecimento do ciclo do nitrogênio após a retirada da floresta nativa (KELLER et al., 2009).

Apesar de sua importância do ponto de vista científico básico e para o desenvolvimento da capacidade institucional na Amazônia, os resultados do LBA foram restritos para contribuir com o desenvolvimento sustentável da região. O programa focalizou, em grande parte, o avanço do conhecimento básico, com menor ênfase nos estudos

integrados, capazes de influenciar políticas públicas com consequências para o uso e cobertura do solo na região (KELLER et al., 2009).

A série histórica 1990–2013 indica redução na taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal, de 27.772 km², em 2004, para 5.843 km², em 2013, ou seja, 79% em nove anos. No Estado do Acre, esses números foram de 728 km², em 2004, para 199 km², em 2013, ou seja, redução de 73% também em nove anos (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2014). Esses percentuais de redução foram obtidos com intensa ação de controle e fiscalização do desmatamento na Amazônia Legal pelos governos federal e estadual. Por outro lado, o rebanho de animais, especialmente de ruminantes bovinos (corte e leite), inferido da emissão de CH₄ da pecuária (fermentação entérica e manejo de dejetos), é crescente na série de 1990–2010 a uma taxa de 185,9 Gg por ano (BRASIL, 2013).

Os resultados apresentados no parágrafo anterior indicam que alternativas tecnológicas para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal já estão sendo disponibilizadas e gerando efeitos positivos do ponto de vista ambiental.

O contexto da publicação deste inventário, que tem 2012 como ano-base, é buscar, por um lado, a aplicação constante da legislação relacionada ao controle e fiscalização do desmatamento da Amazônia e sua relação com a mudança climática global, e, por outro lado, o monitoramento permanente de indicadores biofísicos das atividades humanas e suas formas tecnológicas de uso no Estado do Acre e a relação desses indicadores com a oferta de políticas públicas orientadas para a mitigação e o aumento de sumidouros de gases de efeito estufa, na direção de um desenvolvimento com baixa emissão de carbono e alta inclusão social.

O Acre possui um Sistema Estadual de Incentivos aos Serviços Ambientais, que busca promover os serviços ambientais no contexto de desenvolvimento do estado. Um desses programas é o ISA Carbono, o qual depende das estimativas de emissões para garantir inversões em atividades produtivas a partir da negociação das reduções certificadas e distribuições dos benefícios.

Este inventário busca, também, identificar indicadores mais sensíveis para monitoramento do balanço de carbono nas atividades econômicas relevantes que, por

sua vez, possam orientar a tomada de decisão de formuladores de políticas públicas. Os objetivos deste inventário são apresentar a estimativa das emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa no Estado do Acre, ano-base 2012, comparar os resultados com o inventário ano-base 2010 (COSTA et al., 2012), para apoiar o Programa ISA Carbono, contribuir com as contabilidades regional e nacional e constituir-se um instrumento prático e objetivo de mensuração, relato e verificação.

1.1. Gases de efeito estufa antropogênico

O clima global é regulado pelo influxo de energia solar na atmosfera e o efluxo de radiação infravermelha da Terra. Os GEE naturais estão presentes na atmosfera terrestre e bloqueiam parte da radiação infravermelha. O vapor d'água, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e ozônio (O_3), entre outros gases, são essenciais para a manutenção da vida, pois sem eles a Terra seria, em média, cerca de 30 °C mais fria (STOCKER et al., 2013).

Como resultado das atividades antrópicas, a concentração de CO_2 , CH_4 e N_2O tem aumentado na atmosfera nas últimas décadas. Além desses gases, há a emissão de outros GEE (compostos químicos) estritamente antrópicos, como clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), hidrofluorclorocarbonos (HCFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (STOCKER et al., 2013).

De acordo com a convenção, este inventário inclui somente as emissões antrópicas e os sumidouros de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal. Não inclui os gases CFCs e os HCFCs, que têm relação com a destruição da camada de ozônio e já são controlados pelo Protocolo de Montreal.

Os gases de efeito estufa cujas emissões antrópicas e remoções foram estimadas no presente inventário são CO_2 , CH_4 e N_2O . Outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis ou hidrocarbonetos

não metano (NMHC), mesmo não sendo gases de efeito estufa direto, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera (SOLOMON et al., 2007). Informações sobre as emissões antrópicas desses gases são também incluídas neste inventário, quando disponíveis.

1.2. Setores inventariados

Os setores de atividade inventariados para o Estado do Acre são aqueles que têm relação atual e direta, tanto com a emissão, quanto com os sumidouros, e essencialmente os mais importantes envolvidos de forma direta ou indireta com a economia estadual. Os resultados são apresentados por município ou por regional de desenvolvimento do Estado do Acre (Figura 1).

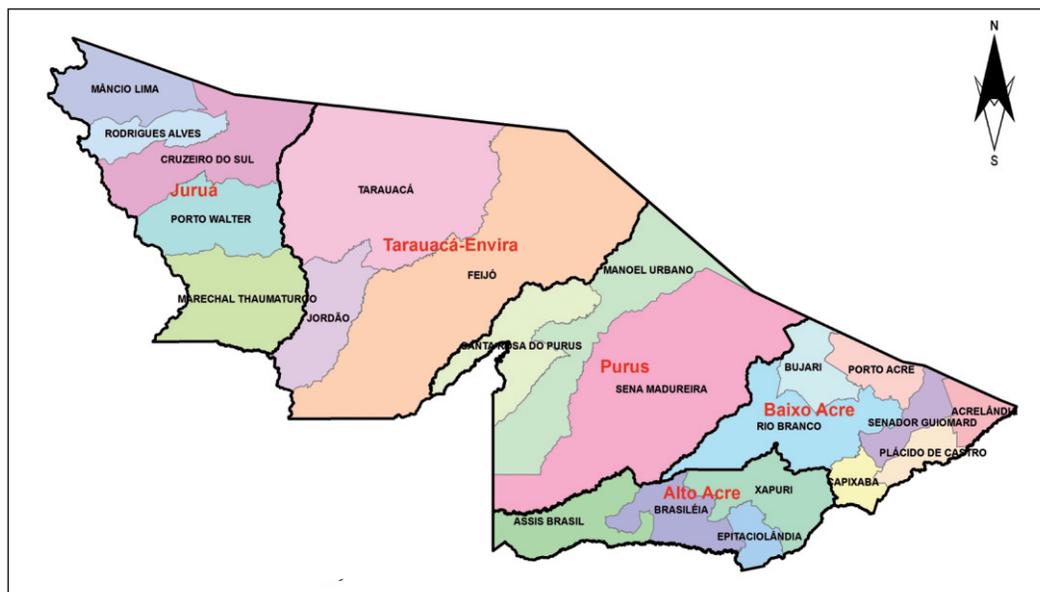


Figura 1. Municípios e regionais de desenvolvimento do Estado do Acre.

Os setores inventariados para emissões antrópicas foram: a) energia – a geração de energia por termelétricas; b) transportes – fontes móveis (veículos automotores); c) agropecuária, com foco para a pecuária estadual; d) mudança no uso da terra; e) tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Os sumidouros de GEE ocorrem principalmente no setor de mudança do uso da terra e florestas como resultado de atividades de manejo de áreas protegidas, reflorestamento, regeneração natural da vegetação, por abandono de terras utilizadas na atividade agropecuária e aumento do estoque de carbono nos solos.

No setor de energia estão incluídas as estimativas de emissões antrópicas de CO₂ por oxidação do carbono contido nos combustíveis fósseis durante a sua queima para geração de eletricidade em usinas termelétricas do Estado do Acre. São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa ocorridas durante o processo de combustão (monóxido de carbono – CO, hidrocarbonetos não metano – NMHC e óxidos de nitrogênio – NO_x) e de material particulado – MP. Não foram incluídas as emissões oriundas da transformação e do consumo de energia e as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo de outras matrizes energéticas. Também não foram incluídas as emissões a partir da queima de biomassa (fontes renováveis) e dos combustíveis fósseis na navegação fluvial e o transporte aéreo nacional.

No setor de transportes foram consideradas as emissões por categoria de fontes móveis veiculares e tipo de combustível. As fontes de emissões por categoria que podem ser desagregadas da frota total de veículos do Estado do Acre, e, portanto, consideradas neste inventário, com menor grau de incerteza são as do ciclo diesel (comerciais leves, ônibus e correlatos e caminhões) e do ciclo Otto para motocicletas. As emissões das demais categorias de veículos foram estimadas com base na quantidade de combustível (etanol hidratado, diesel e gasolina) informada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

No setor de mudança no uso da terra e floresta estão contempladas as estimativas das emissões e sumidouros de GEE associados ao incremento ou redução do carbono

na biomassa acima e/ou abaixo do solo pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por outro (conversão de florestas para agricultura e/ou pecuária ou a substituição de lavouras por reflorestamentos e regeneração natural de vegetação secundária).

No setor agropecuário, a pecuária de corte e de leite, em especial, são atividades econômicas de importância no Acre. A fermentação entérica (CH_4) foi considerada o processo principal de geração de emissões de GEE nesse setor. As emissões a partir do manejo de dejetos animais (CH_4 e N_2O), exceto as oriundas da disposição de dejetos em condições de campo, mas com condições para emissões de CH_4 , da queima de resíduos agrícolas (CH_4 , N_2O , NO_x , CO e NMHC), de arroz irrigado por inundação (CH_4 e N_2O) e de solos agrícolas (N_2O) não estão incluídas neste inventário.

As emissões de N_2O de solos agrícolas não foram contabilizadas porque as suas principais fontes (fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo agrícola e manejo de resíduos animais) não são significativas para o Estado do Acre. Além disso, ainda é necessário considerar que informações sobre a venda e uso de fertilizantes nitrogenados dependem de monitoramento sistemático e do tratamento nas bases de dados estaduais, ainda incipientes no Acre.

No setor de resíduos estão incluídas somente as emissões da disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU). As emissões do tratamento de resíduos, efluentes domésticos, comerciais e industriais não estão incluídas.

1.3. Método de cálculo das emissões e sumidouros

O método geral de cálculo das emissões e os fatores de emissão estão descritos na Comunicação Nacional inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2004) e Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, doravante convenção (BRASIL, 2010), publicadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação – MCTI, e no Manual Revisado de 1996 (HOUGHTON et al., 1996), Guia de Boa Prática e Tratamento de Incertezas de 2000 (PENMAN et al., 2000) e Guia de Boa Prática para Uso da Terra,

Mudança no Uso da Terra e Floresta (PENMAN et al., 2003), todos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima.

O nível de detalhe TIER 1 (método *default*) 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 (HOUGHTON et al., 1996).

Para cada um dos gases inventariados foram estimadas as emissões antrópicas e os sumidouros na unidade de gigagrama ($Gg \leftrightarrow 10^9 g \leftrightarrow 1.000$ toneladas) ou megagrama ($Mg \leftrightarrow 10^6 g \leftrightarrow$ tonelada ou 1.000 kg), conforme a magnitude da atividade por setor. Este inventário é apresentado para o ano-base de 2012. O inventário apresenta também, quando adequado, a conversão das emissões e sumidouros de GEE para CO_2 equivalente (CO_2 eq). CO_2 eq é o resultado da conversão de outro GEE, CH_4 ou N_2O , por exemplo, para CO_2 , considerando o seu potencial de aquecimento global (Global Warming Potential – GWP). Neste inventário, o GWP utilizado para conversão considerou o intervalo de 100 anos (SOLOMON et al., 2007). De acordo com as considerações a seguir sobre essa conversão, resultados na forma de CO_2 eq têm caráter didático neste inventário, não representando a integração total do impacto (positivo ou negativo) das fontes consideradas de emissão.

O governo brasileiro contesta a utilização do GWP para comparação de GEE. A opção de agregar as emissões relatadas em unidades de CO_2 eq com o uso do GWP em um horizonte de tempo de 100 anos não foi adotada nas comunicações do Brasil à convenção, que relatou suas emissões em unidades de massa de cada GEE, conforme apresentado nos seus inventários nacionais. A justificativa é que o GWP não representa corretamente a contribuição relativa dos diferentes GEE à mudança do clima, enfatizando sobremaneira a importância desses gases com curtos períodos de permanência na atmosfera, como o CH_4 .

O Brasil (2004, p. 81; 2010, p. 9) destaca ainda que:

É preciso lembrar que ao mesmo tempo em que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para a quantificação das emissões globais e para a compreensão da evolução do problema das mudanças climáticas (atual e futura), as emissões anuais de GEE não representam de

maneira adequada e justa a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função do acúmulo das emissões históricas dos países, que por sua vez elevam as concentrações de GEE na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada GEE, há um acúmulo de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto, a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada a partir da perspectiva da dupla acumulação, o que significa considerar de maneira integral todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países industrializados, que iniciaram suas emissões de GEE a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade na mudança do clima. Além da responsabilidade pela mudança de clima já observada, dados de emissões históricas indicam que continuarão como os principais responsáveis por mais algumas décadas.

As informações utilizadas para a elaboração deste inventário foram coletadas nos bancos de dados dos órgãos (departamentos, fundações, secretarias e institutos) estaduais e publicações nacionais, estratificados por setor, referentes ao Estado do Acre (Eletrobrás, IBGE, Inpe, ANP, etc.).

Em relação aos resíduos sólidos urbanos, o inventário quantifica com base na metodologia de cálculo proposta pelo IPCC as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄) decorrentes de atividades socioeconômicas realizadas nas áreas urbanas dos 22 municípios acrianos, no período de 2000 a 2012, e sua conseqüente geração de resíduos sólidos. As fontes de emissões inventariadas foram:

- a) Disposição final de resíduos sólidos em um aterro sanitário, integrante da Unidade de Tratamento de Resíduos (Utre), no Município de Rio Branco, AC.
- b) Disposição final de resíduos sólidos em áreas de disposições inadequadas (lixões) em 21 municípios acrianos.

Os cálculos para resíduos sólidos adotaram o valor estimado de um quilograma por habitante por dia de massa coletada de resíduos na área urbana para o Município de Rio Branco, utilizado no Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Estado do Acre (Pegirs). A estimativa adotada apresentou precisão significativa quando comparada com os dados fornecidos para o ano de 2010 pela Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (Semsur).

Para os demais municípios foram adotados os valores gerados pela equação 1, proposta no panorama 2010 de Resíduos Sólidos no Brasil, para a região Norte do País (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2010):

Equação 1

$$RSU = 0,000381 (\text{Pop Urb}/1000) + 0,7083$$

Sendo:

RSU: massa média coletada de resíduos sólidos urbanos por habitante (kg/hab./dia).

Pop. Urb.: população urbana.

O cálculo para emissões de metano foi efetuado por meio da equação 2, adotada pelo IPCC para o cálculo das emissões de metano da disposição final de RSU em aterros, em 1.000 t por ano:

Equação 2

$$\text{Emissões de CH}_4 = \sum (\text{RSU}_D * \text{FCM} * \text{COD} * \text{COD}_R * \text{FEM} * 16/12 - R) * (1 - \text{OX})$$

Sendo:

RSU_D: resíduos sólidos urbanos dispostos. Quantidade total anual de RSU_D nos

diferentes tipos de vazadouros (aterros sanitários, como no caso de Rio Branco, aterros controlados, lixões e depósitos a céu aberto), expressos em milhares de toneladas por ano.

FCM: fator de correção do metano. O IPCC e o Centro Clima recomendam valores de FCM de acordo com a profundidade do local de disposição de resíduos sólidos. Esse fator varia em função das condições de anaerobiose de cada tipo de local de disposição. No caso de simples vazadouros usa-se 0,6; para aqueles com células de até cinco metros de profundidade usa-se 0,4; para aqueles com células com mais de cinco metros de profundidade usa-se 0,8.

Para aterros sanitários, situação em que existe uma disposição planejada dos RSUs, esse fator é 1,0, considerando-se que 100% dos resíduos estão dispostos em aterros sanitários.

COD: carbono organicamente degradável. Esse fator refere-se ao teor de carbono de cada componente do lixo que degrada, como papéis e papelões, folhas, madeiras e matéria orgânica total. Aplica-se o fator correspondente à participação percentual do peso de cada componente do lixo, conforme a equação 3:

Equação 3

$$\text{COD} = (0,4\% \text{ do peso de papel e papelão}) + (0,17\% \text{ peso de folhas}) + (0,15\% \text{ peso de restos alimentares}) + (0,3\% \text{ peso de madeira}).$$

O primeiro Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de GEE, observando estudos de composições gravimétricas realizados nas metrópoles e cidades das regiões do País, estimou que a média aritmética dessas porcentagens tem amplitude percentual de 17,8% a 28,4%.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente (Sema), no período de 2011 a 2013, em parceria com as prefeituras municipais de Acrelândia, Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Plácido de Castro, Rodrigues Alves e Porto Valter, realizou as composições gravimétricas desses municípios.

Em virtude de não existirem ainda dados resultantes das composições gravimétricas que representem significativamente ao menos todas as regionais administrativas do Estado do Acre, utilizou-se o valor de 12%, o qual se refere a uma composição de resíduos que não considera informações de hábitos da população local (COMPANHIA DETECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2011).

COD_r: fração do COD que realmente degrada. Devido ao processo de degradação anaeróbia ser incompleto, parte do carbono potencialmente degradável não se degrada. O valor sugerido pela metodologia do IPCC é 77%, ou seja, considera-se que 23% do carbono não são emitidos.

FEM: fração de carbono emitida como metano. De acordo com o Centro Clima, o valor sugerido pela metodologia do IPCC é 50%, significando que os outros 50% da composição do biogás gerado no sítio de disposição do lixo não são metano.

16/12: taxa de conversão, em peso molecular, do carbono para o metano.

R: metano recuperado. Entende-se como a parcela recuperada e queimada ou utilizada para geração de energia em cada local de disposição, reduzindo as emissões líquidas. Ao ser queimado, o CH₄ se transforma em CO₂ que, quando de origem renovável como é o caso do lixo, não aumenta a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, pois deverá ser sequestrado pelas florestas nativas e plantas ou utilizado na geração da nova safra agrícola. Na prática as alternativas de disposição de resíduos sólidos nos municípios do Estado do Acre, com exceção de Rio Branco, ainda são ineficazes para a recuperação de metano.

OX: fator de oxidação. Relaciona-se à fração do RSU_D e do gás do aterro que sofre queima espontânea nos locais de disposição, não gerando metano. O valor *default* é zero, considerando-se, portanto, a não ocorrência de incêndios. Como não ocorreram registros de incêndios nas áreas de disposição de resíduos, o fator de oxidação utilizado foi nulo.

Informações adicionais e/ou maior detalhamento necessário para o perfeito entendimento sobre a estimativa das emissões e sumidouros por setor são apresentados no item 3 (Emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa por setor) deste inventário.

2. Sumário das emissões por fontes antrópicas e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa

A apresentação do sumário dos resultados das emissões antrópicas e remoções por sumidouros do Estado do Acre por unidade de massa de GEE segue as comunicações do Brasil à convenção.

As emissões líquidas são relacionadas à mudança no uso da terra de florestas primárias e secundárias para atividades florestais e/ou agropecuárias. Já as remoções são relacionadas à regeneração natural da vegetação que acontece em áreas abandonadas para descanso após a perda da capacidade de produção, seja para atividades agrícolas e/ou pecuárias.

Os setores de energia, transporte, mudança de uso do solo e floresta apresentam a maior contribuição para as emissões de CO₂. Os setores de transporte, agropecuária e de tratamento e disposição de resíduos apresentam a maior contribuição para as emissões de CH₄. Os setores de energia e transporte apresentam a maior contribuição para as emissões indiretas de GEE (CO, NMHC, NOx e MP) (Tabela 1).

O balanço anual (diferença entre a emissão antrópica total e a remoção por sumidouros por tipo de GEE) do fluxo de CO₂ em 2010 e 2012 no Estado do Acre é de 21.137 e 6.324 Gg, respectivamente, o que representa uma diferença de 14.813 Gg de CO₂, correspondendo a 70% de redução no período. O setor de mudança no uso da terra e florestas é a fonte de maior contribuição para a emissão de CO₂, respondendo por 97,2% em 2010 e 90,3% em 2012.

Os setores de energia e transporte são responsáveis por 0,50% e 2,3% dessa emissão em 2010, e por 1,4% e 8,3% em 2012 (Tabela 1 e Figura 2). Entretanto, se por um lado, o setor de mudança no uso da terra e floresta é a fonte de maior contribuição para a emissão

Tabela 1. Emissão antrópica total, remoção por sumidouro e balanço anual por tipo de GEE e por setor/fonte no Estado do Acre para os anos de 2010 e 2012.

Setor/fonte	Tipo de GEE ⁽¹⁾					
	CO ₂	CH ₄	CO	NMHC	NO _x	MP
-----Gg-----						
2010						
Emissão antrópica total ⁽²⁾						
Energia	110	SC ⁽³⁾	0,136	0,026	0,765	0,013
Transporte	520	0,025	1,290	0,694	0,136	0,009
Mudança no uso da terra e florestas	21.940	SC	SC	SC	SC	SC
Agropecuária	SC	138,500	SC	SC	SC	SC
Resíduos	SC	9,066	SC	SC	SC	SC
Total 1	22.570	147,591	1,426	0,720	0,901	0,022
Remoção por sumidouro 2010						
Mudança no uso da terra e florestas	-1.433	SC	SC	SC	SC	SC
Total 2	-1.433	SC	SC	SC	SC	SC
Balanço anual						
	21.137	147,591	1,426	0,720	0,828	0,022
2012						
Emissão antrópica total ⁽¹⁾						
Energia	123	SC ⁽²⁾	0,151	0,029	0,849	0,014
Transporte	725	0,017	1,114	0,799	0,121	0,010
Mudança no uso da terra e florestas	7.893	SC	SC	SC	SC	SC
Agropecuária	SC	142,600	SC	SC	SC	SC
Resíduos	SC	9,613	SC	SC	SC	SC
Total 1	8.741	152,230	1,265	0,828	0,970	0,024
Remoção por sumidouro 2012						
Mudança no uso da terra e florestas	-2.417	SC	SC	SC	SC	SC
Total 2	-2.417	SC	SC	SC	SC	SC
Balanço anual						
	6.324	152,230	1,265	0,828	0,970	0,024

⁽¹⁾ CO₂: dióxido de carbono; CH₄: metano; CO: monóxido de carbono; NMHC: hidrocarboneto não metano; NO_x: óxidos de nitrogênio; MP: material particulado.

⁽²⁾ Valores têm incertezas da ordem de 25% a 45%, visto que o método adotado para cálculos deste inventário é semelhante ao adotado em Brasil (2010).

⁽³⁾ SC = sem contabilização neste inventário.

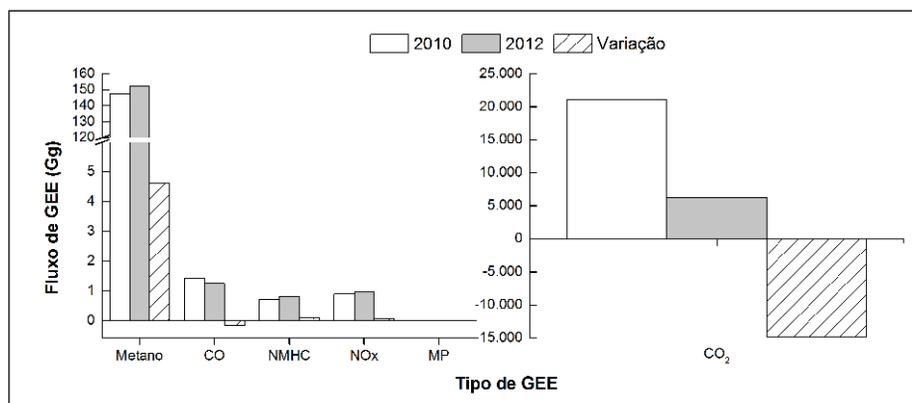


Figura 2. Fluxos de gases de efeito estufa (GEE – metano – CH₄; monóxido de carbono – CO; hidrocarboneto não metano – NMHC; óxidos de nitrogênio – NO_x; material particulado – MP; e dióxido de carbono – CO₂) no Estado do Acre no período de 2010 a 2012.

Nota: valores positivos significam efluxo (emissão) e valores negativos significam influxo (sumidouros) ou emissões evitadas. Observar quebra de eixo para metano no gráfico à esquerda.

Em 2012, as emissões de CH₄, NMHC, NO_x e MP aumentaram em relação a 2010, com percentuais de 3%, 15%, 8% e 9%, respectivamente, enquanto as emissões de CO diminuíram em 11% (Figura 2 e Tabela 1). Os aumentos podem ser atribuídos ao maior consumo de combustível decorrente da geração de energia elétrica em motores estacionários e da frota de veículos no Estado do Acre entre 2010 e 2012. As reduções são 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.

A remoção por sumidouros aumentou de 2010 para 2012, o que pode ser atribuído à redução da taxa anual de desmatamento e ao aumento da área e do crescimento de florestas secundárias no Estado do Acre.

É importante ressaltar que a estimativa para os tipos de GEE, constante neste inventário para o ano de 2010, dos setores de transporte e agropecuária é diferente daquela apresentada no inventário ano-base 2010 (COSTA et al., 2012). Os esclarecimentos sobre essa diferença são apresentados a seguir, no comentário pormenorizado das emissões desses setores.

3. Emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa por setor

3.1. Energia – geração de energia por termelétricas

Neste item estão incluídas as emissões de GEE (CO₂, CO, NMHC, NOx e MP) produzidas pela queima de combustível fóssil em motores estacionários utilizados em usinas termelétricas para a geração de energia elétrica e as emissões evitadas com a entrada de municípios do Acre no Sistema Interligado Nacional (SIN). Para efeito histórico desse setor, foi considerada a série de 2000 a 2012, entretanto para efeito de comparação a cada dois anos são apresentados os resultados dos anos 2010 e 2012, com acréscimos deste em relação àquele.

As informações que permitiram os cálculos das emissões foram fornecidas pelas Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás Acre.

3.1.1. Matrizes energéticas no Estado do Acre

Toda a energia elétrica do Acre, até novembro de 2002, era gerada por usinas termelétricas. Em janeiro de 2003, seis municípios (Acrelândia, Bujari, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guiomard) foram incorporados ao Sistema Integrado Nacional (SIN), a partir da distribuição de energia gerada pela hidrelétrica de Samuel, situada no Estado de Rondônia. Portanto, dos 22 municípios acrianos, 16 deles (Assis Brasil, Brasileia, Capixaba, Cruzeiro do Sul, Epitaciolândia, Feijó, Jordão, Manoel Urbano, Marechal Thaumaturgo, Mâncio Lima, Porto Walter, Rodrigues Alves, Santa Rosa do Purus, Sena Madureira, Tarauacá e Xapuri) ainda têm sua energia elétrica gerada em usinas termelétricas.

A energia elétrica de Cruzeiro do Sul ainda é gerada em usinas termelétricas e distribuída para os municípios vizinhos de Mâncio Lima e Rodrigues Alves. O Município de Brasileia gerou energia para Epitaciolândia até o final do primeiro trimestre de 2008, quando ambos foram interligados ao SIN-Samuel. O mesmo aconteceu com Sena Madureira no início do último trimestre de 2008. Capixaba e Xapuri foram interligados ao SIN-Samuel em meados de 2009, portanto totalizando 11 municípios do Acre interligados ao SIN-Samuel e 11 ligados a sistemas termelétricos.

3.1.2. Emissões de CO₂

No período de 2000 a 2012, os municípios de Rio Branco, até 2002 (257 Gg CO₂), e Cruzeiro do Sul, até o presente (33,9 Gg CO₂), foram os maiores consumidores de combustível fóssil para a geração de energia termelétrica no Estado do Acre (Figura 3).

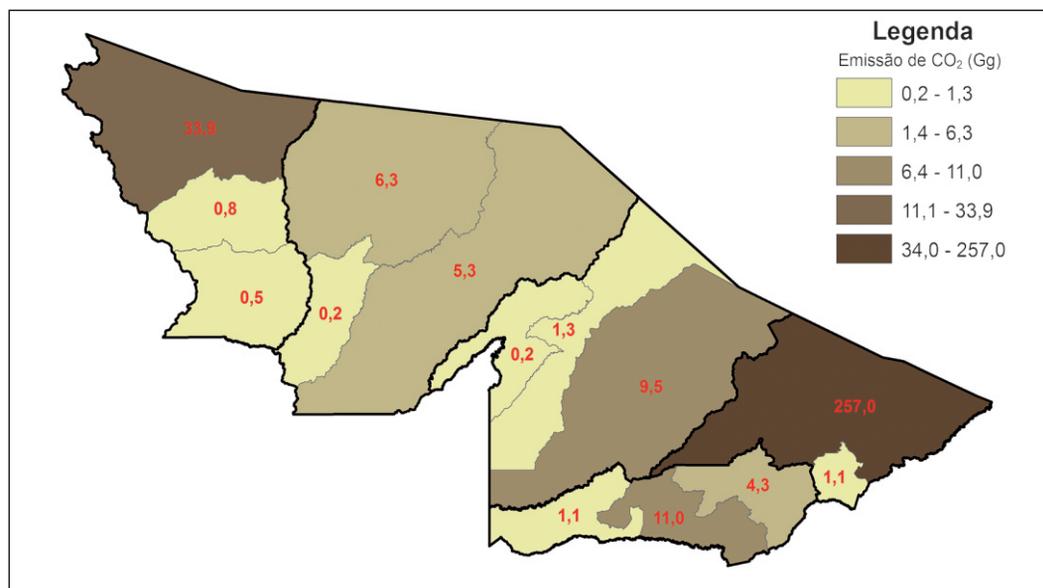


Figura 3. Emissão de CO₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos em 2000.

Até 2002, o consumo de combustíveis fósseis de Rio Branco representava até 80% e o de Cruzeiro do Sul até 9% do consumo total do estado. Após 2002, com a entrada de Rio Branco no SIN-Samuel, o consumo de combustível fóssil de Cruzeiro do Sul passou a representar entre 47% (2003) e 67% (2012) do consumo total do estado. Considerando-se somente a produção de CO₂ decorrente da combustão de motores estacionários, a entrada dos municípios de Acrelândia, Bujari, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guiomard (2002–2003), Brasiléia, Epitaciolândia e Sena Madureira (2008–2009), Capixaba e Xapuri (2009–2010) no SIN-Samuel refletiu diretamente em redução nas emissões de CO₂ no período de referência deste inventário. Após dez anos da saída de Rio Branco do sistema termelétrico (2012), as emissões totais da geração de energia por

motores a combustão no Acre foram 29% daquelas medidas em 2002. Neste ano a participação de Rio Branco na emissão total foi de 80%. Os 71% de CO₂ não emitidos para a atmosfera em 2012 representam 302 Gg de CO₂.

As emissões em 2010 variaram de 0,9 (Jordão) a 75 Gg de CO₂ (Cruzeiro do Sul). Em 2012, a variação foi de 1,2 (Jordão) a 82,1 Gg de CO₂ (Cruzeiro do Sul) (Figuras 4 e 5). A emissão total de CO₂ dos municípios que ainda têm energia produzida em termelétricas no Estado do Acre aumentou em 11% de 2010 para 2012.

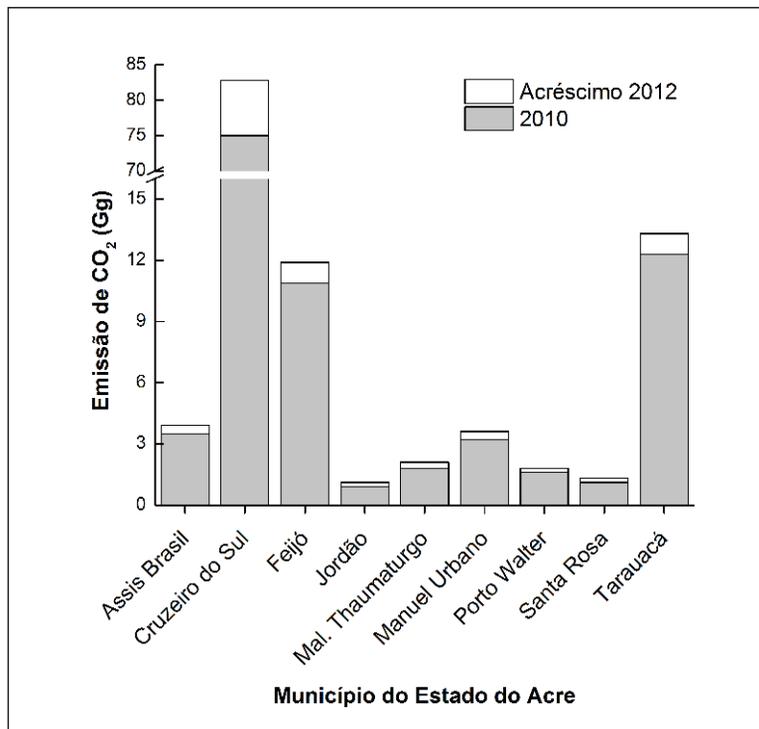


Figura 4. Emissão de CO₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).

Nota: os municípios de Acrelândia, Brasileia, Bujari, Capixaba, Epitaciolândia, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco, Sena Madureira, Senador Guimard e Xapuri não têm mais energia produzida por motores estacionários. Observar quebra de eixo para o Município de Cruzeiro do Sul (+ Mâncio Lima e Rodrigues Alves).

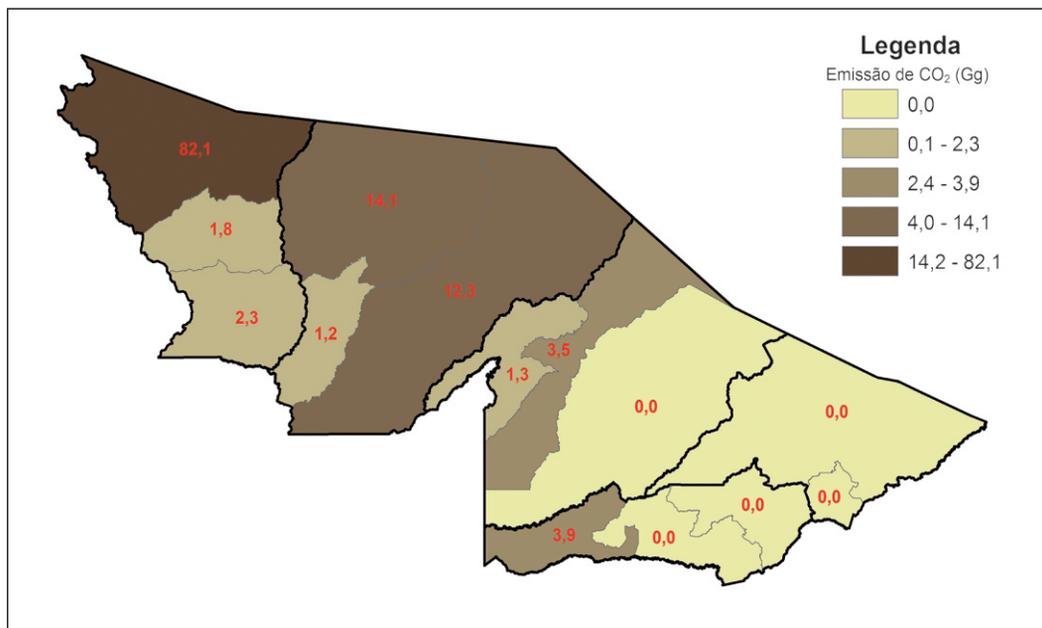


Figura 5. Emissão de CO₂ de motores estacionários na geração de energia elétrica em municípios acrianos em 2012.

Considerando-se as emissões por regional de desenvolvimento do Acre, com foco nas regionais do Baixo Acre (Rio Branco) e Juruá (Cruzeiro do Sul), a dinâmica percentual das emissões de CO₂ no período de 2000 a 2012 demonstra que o Baixo Acre, até 2002, representava até 80% das emissões totais (339 Gg de CO₂), não contribuindo para esse tipo de emissão em 2012. Por sua vez, a região do Juruá representava até 10% das emissões totais (42 Gg de CO₂) até 2002 e, após esse período, 70% (86 Gg de CO₂) em 2012 (Figura 6). É importante destacar que a participação percentual das regionais nas emissões esteve estabilizada no triênio 2010–2012.

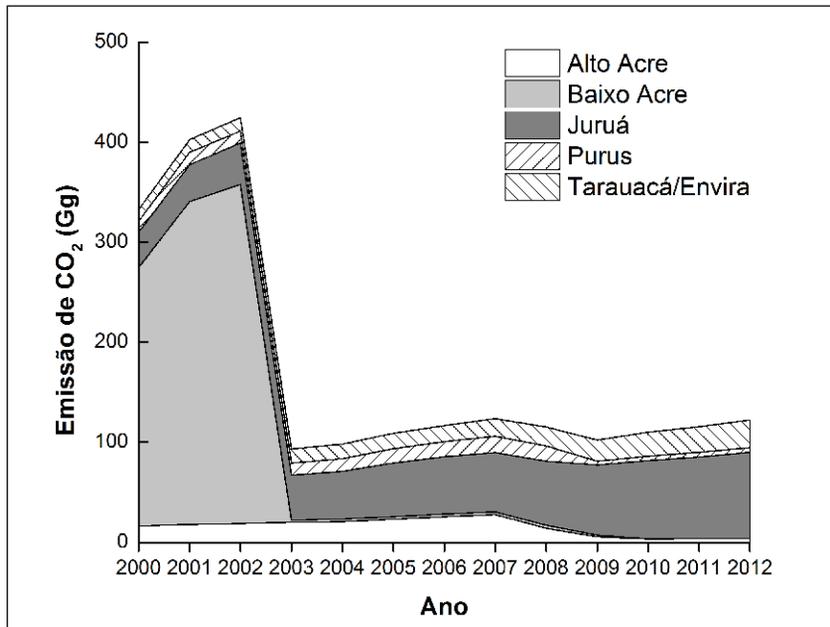


Figura 6. Emissão de CO₂ na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre no período de 2000 e 2012.

3.1.3. Emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP) por regional de desenvolvimento

As emissões indiretas de GEE nos anos de 2010 e 2012 apresentaram a mesma dinâmica das emissões de CO₂, com eliminação e/ou redução nas regionais que incluem municípios interligados ao SIN-Samuel, bem como aumento naquelas onde o sistema termelétrico continua em operação (Figuras 7 a 10). Também refletem o aumento no atendimento em função da maior demanda, associada ao crescimento populacional e ao processo de desenvolvimento econômico do Estado do Acre.

Para o cálculo das emissões indiretas foram considerados os fatores de emissão da fase P5 do Programa de Controle da Poluição Veicular (Proconve). Por outro lado, não foram considerados os fatores de emissão da fase P7 do Proconve, uma vez que foi implantada a partir de 1º de abril de 2012. Com o atendimento à legislação, os motores estacionários utilizados para a geração da energia termelétrica devem ter sido renovados já em 2012, atendendo, portanto, a P7. Entretanto, neste inventário é assumido que a substituição não ocorreu integralmente em 2012, o que implica em correção dessas emissões no inventário ano-base 2014.

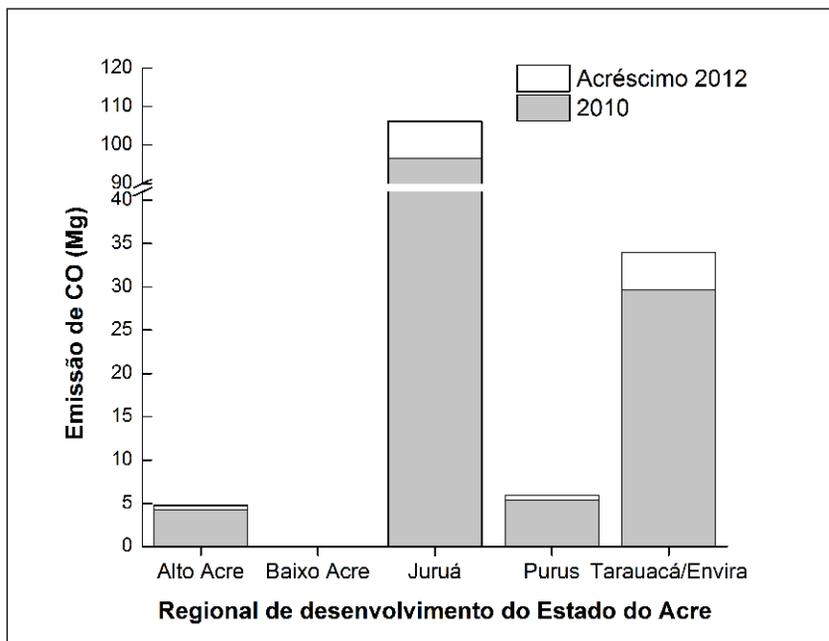


Figura 7. Emissão de monóxido de carbono (CO) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acrécimo em relação a 2010).

Nota: observar quebra de eixo para a regional do Juruá.

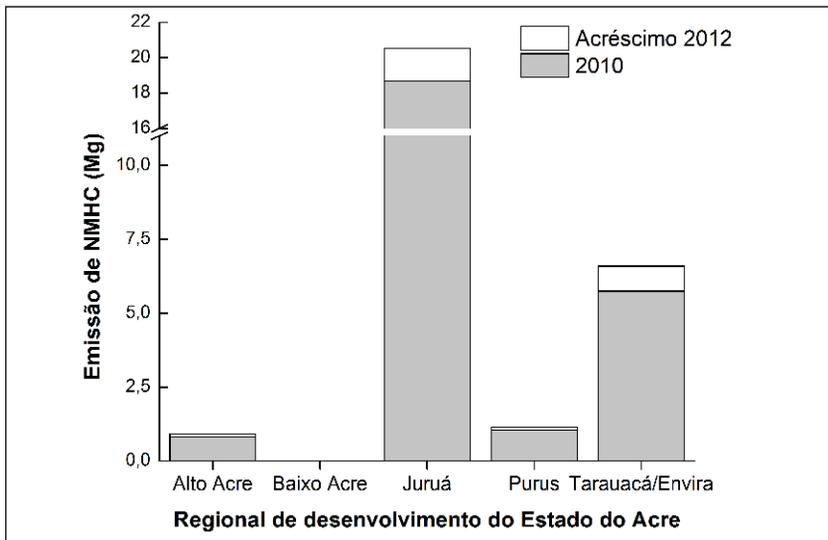


Figura 8. Emissão de hidrocarbonetos não metano (NMHC) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).

Nota: observar quebra de eixo para a regional de Juruá.

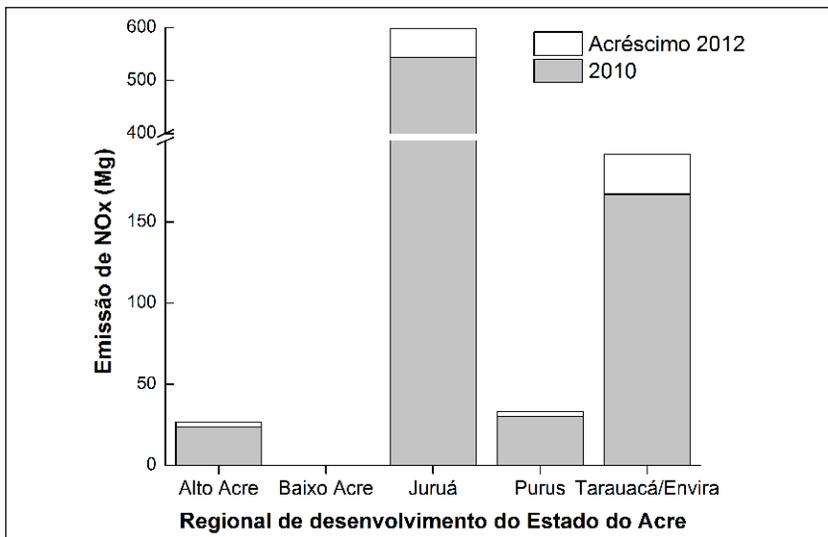


Figura 9. Emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).

Nota: observar quebra de eixo para a regional de Juruá.

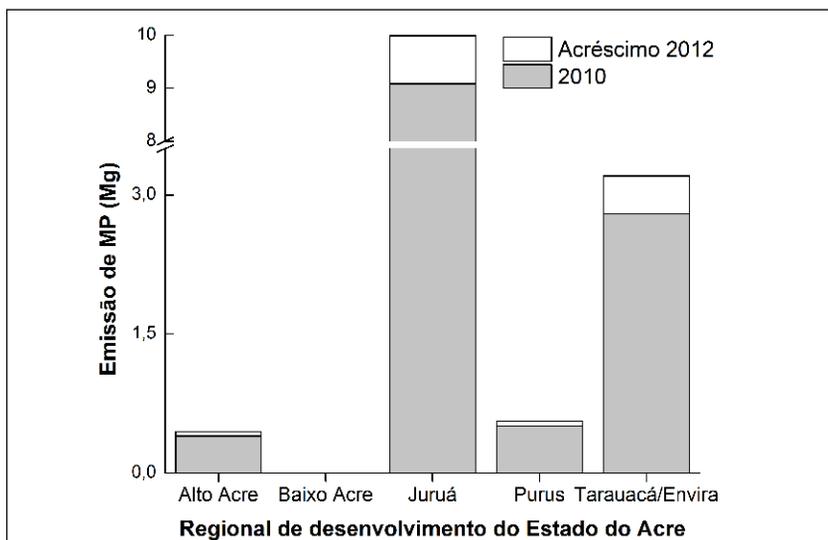


Figura 10. Emissão de material particulado (MP) na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo em relação a 2010).
Nota: observar quebra de eixo para a regional do Juruá.

3.2. Transportes – fontes móveis veiculares

As fontes principais de poluição do ar na Amazônia são as queimadas em áreas rurais, os veículos automotores e as indústrias. Estas estão presentes especialmente em fragmentos (zonas industriais) ou centros urbanos. Os veículos automotores se concentram nas áreas urbanas. Dentre os poluentes gasosos emitidos por motores, destacam-se: óxidos de carbono (CO e CO₂), óxidos sulfúricos (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos aromáticos (HA).

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro, incolor, insípido produzido por queima incompleta de combustíveis fósseis que contém carbono. Essencialmente é uma substância que prejudica a oxigenação dos tecidos humanos e, portanto, classificada como um asfixiante sistêmico.

O dióxido de enxofre (SO₂), um SO_x, é um gás amarelado, com o odor característico do enxofre e irritante. As quantidades de SO₂ lançadas no ar, sobretudo pelos canos de

escapamentos de ônibus e caminhões, provocam irritações discretas no sistema respiratório, mas importantes em longo prazo.

Os óxidos de nitrogênio (NOx) são formados, principalmente, nas câmaras de combustão de motores de veículos onde, além do combustível, contém ar com grandes quantidades de nitrogênio e oxigênio que, devido à temperatura elevada existente na câmara de combustão, combinam formando NOx.

Os hidrocarbonetos (HC) constituem uma grande família de substâncias orgânicas compostas de hidrogênio e carbono. A gasolina e o óleo diesel têm centenas de HC, incluindo hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), que possuem um núcleo benzênico (benzeno) com propriedades carcinogênicas.

Em relação à frota nacional de veículos automotores, o balanço das vendas de automóveis no Brasil em 2010 apresentou números recordes, demonstrando que o mercado automobilístico do País está em crescimento contínuo nas últimas décadas. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), a frota total de automóveis brasileiros em dezembro de 2010 foi de 64.817.974 e em dezembro de 2012 de 76.137.191 veículos registrados. Portanto, um acréscimo de 17% de 2010 para 2012, demonstrando o crescimento do mercado automobilístico do País no período (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2014).

Quanto ao consumo de combustível, a relação consumo-poluição remete à ideia de que maior poluição é decorrente do maior consumo de combustível. Todavia, a ideia é incorreta, pois a relação entre consumo de combustível e poluição atmosférica depende de inúmeros fatores, como o tipo de veículo automotor, ano de fabricação, potência do motor, fatores climáticos e tipo de combustível, sendo que álcool, gasolina e diesel possuem diferentes fatores de poluição. As motocicletas poluem mais que os automóveis de passeio em geral, dado que as tecnologias empregadas nesses últimos (versões mais recentes) ajudam no controle de emissão de poluentes. O Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares (Promot) é mais recente e tem um

número menor de fases do que o Programa de Controle da Poluição Veicular (Proconve). Possivelmente em fases futuras do Promot, os prováveis avanços tecnológicos na fabricação dos motores e diversos componentes das motocicletas também proporcionarão redução das emissões de poluentes, consequente dessas inovações.

Segundo o Departamento Estadual de Trânsito do Acre, a frota total acriana em dezembro 2010 era de 152.461 veículos, com 71% e 10% desse total localizados em Rio Branco e Cruzeiro do Sul, respectivamente. As categorias de veículos com maior percentual de participação na frota total do Acre em dezembro de 2010 eram os automóveis (veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor) com 34% (Figura 11), caminhões com 3% (Figura 12), camionetes com 11% e motocicletas com 49% (Figura 13).

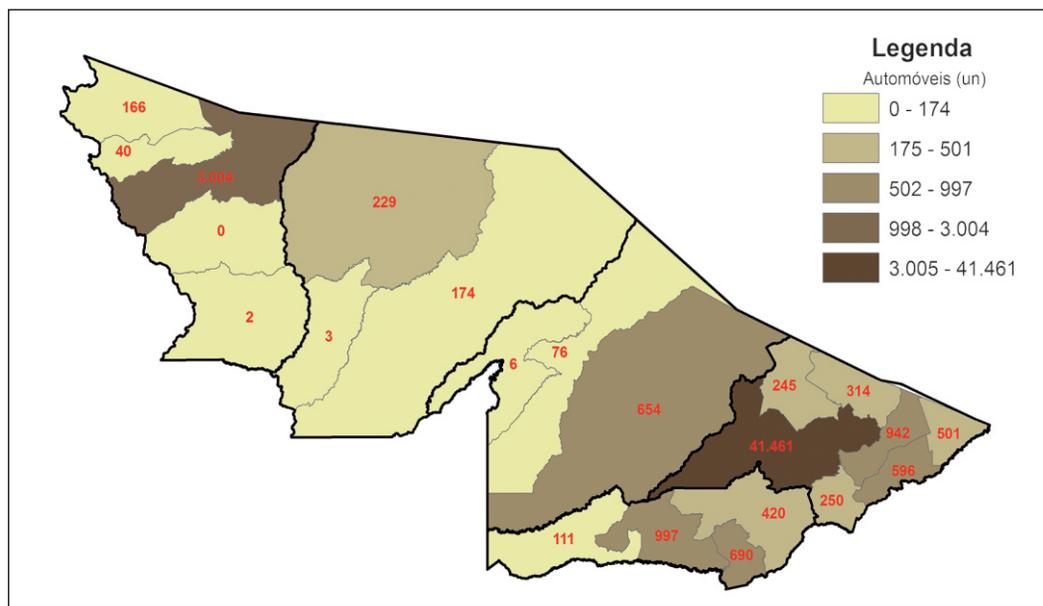


Figura 11. Frota de automóveis nos municípios acrianos em 2010.

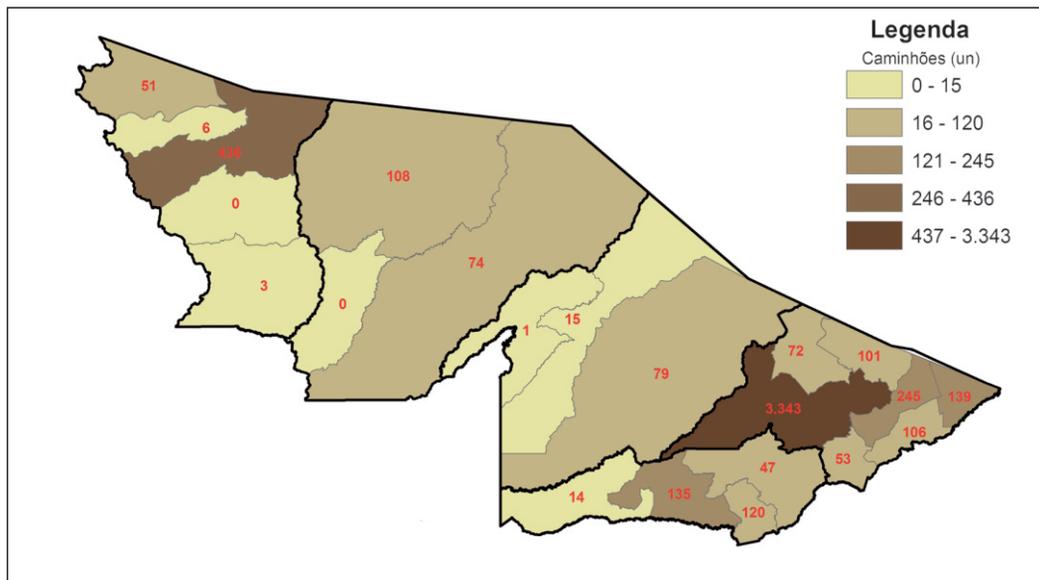


Figura 12. Frota de caminhões nos municípios acrianos em 2010.

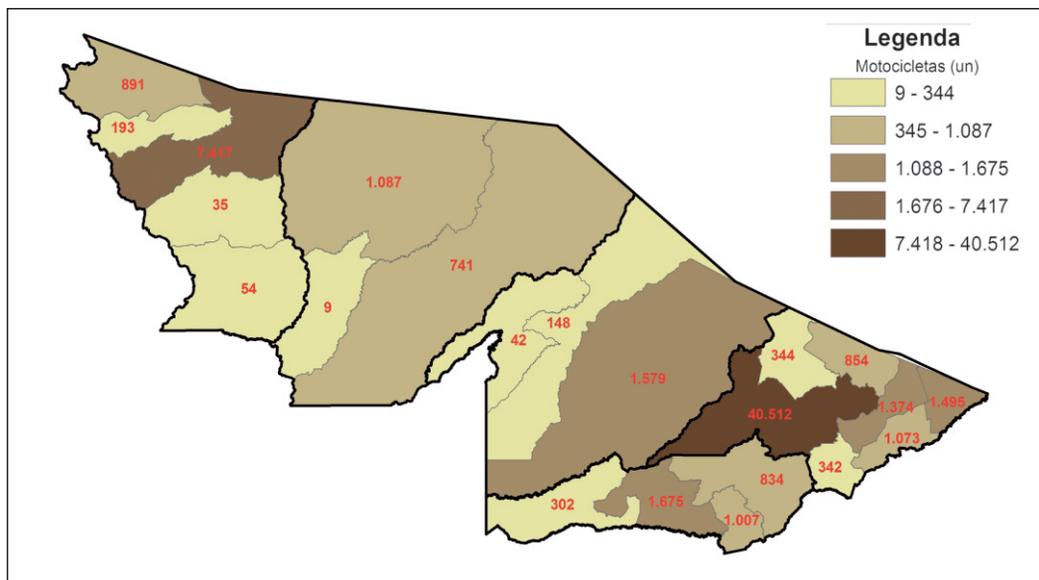


Figura 13. Frota de motocicletas nos municípios acrianos em 2010.

Em dezembro de 2012, a frota total acriana era de 188.315 veículos (DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ACRE, 2014), com 69% e 10% desse total localizados em Rio Branco e Cruzeiro do Sul, respectivamente. As categorias de veículos com maior percentual de participação na frota total do Acre em dezembro de 2012 foram os automóveis (veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor), com 33% (Figura 14), caminhões com 3% (Figura 15), camionetes com 11% e motocicletas com 50% (Figura 16).

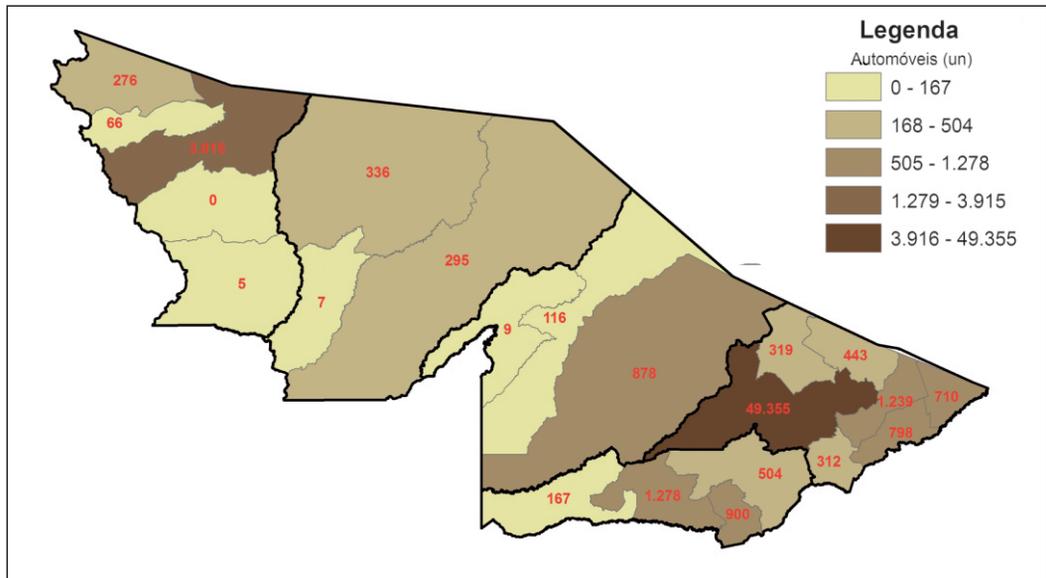


Figura 14. Frota de automóveis nos municípios acrianos em 2012.

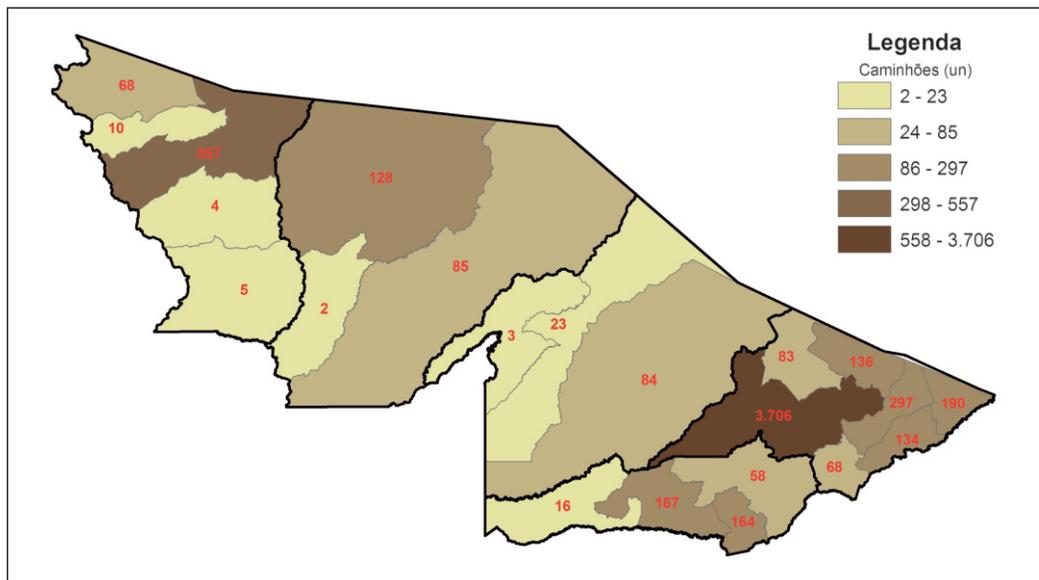


Figura 15. Frota de caminhões nos municípios acrianos em 2012.

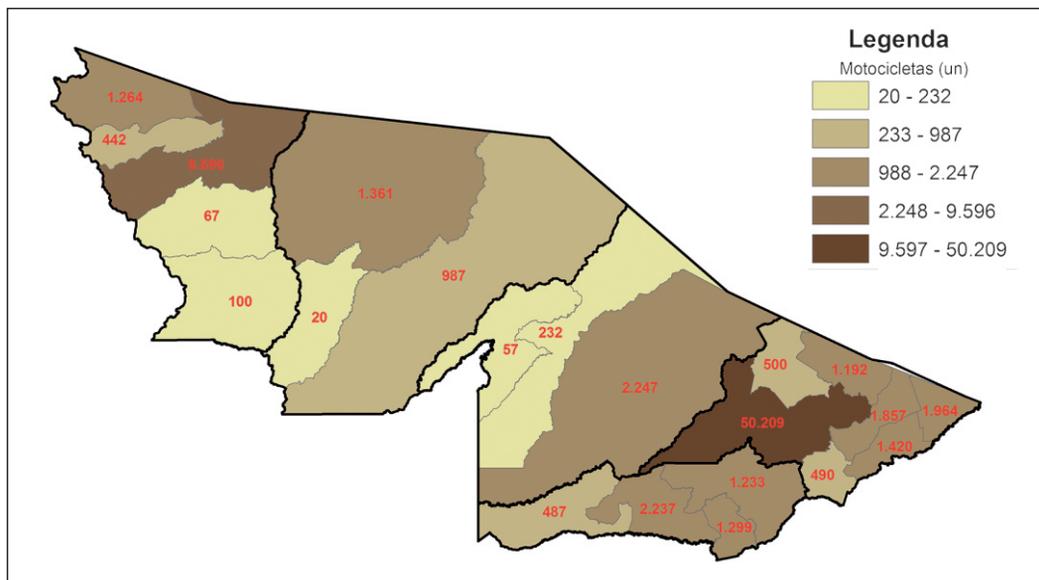


Figura 16. Frota de motocicletas nos municípios acrianos em 2012.

A taxa média de crescimento anual da frota foi de 12,8% desde 2003 (ACRE, 2011a). O acréscimo na frota acriana foi de 24%, entre 2010 e 2012, um crescimento 35% maior do que o da frota total nacional no mesmo período.

Informações mais detalhadas sobre a frota, o consumo de combustíveis e os impactos de poluição do setor de transporte no Estado do Acre podem ser encontradas em seu Plano de Controle de Poluição Veicular (ACRE, 2011). Os fatores controladores das emissões veiculares (tecnologia do motor, ano de fabricação e idade, tipo de combustível, manutenção do veículo, qualidade do trânsito, condições ambientais e estilo de condução adotado) e os indicadores da frota acriana de veículos automotores (idade, tipo de combustível utilizado e distribuição nas regionais de desenvolvimento do Estado do Acre) considerados neste inventário têm as mesmas fontes de informação do inventário ano-base 2010.

As emissões calculadas de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP) e CH₄ de veículos com motores do ciclo diesel e de motocicletas para este inventário foram atualizadas com base em informações mais precisas e atuais sobre o tamanho das frotas dessas categorias de veículos em relação ao inventário ano-base 2010.

O cálculo da emissão de CH₄ a partir do combustível diesel utilizou a quantidade informada pela ANP, desagregada da informação da Eletrobrás Acre sobre a quantidade de diesel usada para a geração de energia elétrica em motores estacionários. Essa desagregação não foi utilizada no inventário ano-base 2010.

3.2.1. Emissões de GEE pela frota acriana de veículos automotores

São apresentadas as emissões de CO, NMHC, NOx, MP por veículos com motores do ciclo diesel e motocicletas, CH₄ por motocicletas e de CO₂ por tipo de combustível. Para o cálculo a partir do combustível diesel foi descontada a quantidade desse combustível utilizada para a geração de energia em motores estacionários da quantidade informada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) (Tabela 2). A emissão de CO₂ por categoria de veículo de passeio não foi contabilizada porque as informações disponíveis atualmente não permitem essa desagregação da frota total do Estado do Acre. Essa desagregação somente é possível para

automóveis em geral e utilitários do ciclo Otto, com exceção das motocicletas e seus similares. A participação percentual da combustão de etanol, gasolina e diesel na emissão total de CO₂ em 2010 foi de 2,2%, 41,4% e 56,4%, respectivamente. Na mesma ordem, os percentuais em 2012 foram 0,9%, 37,2% e 61,8% (Tabela 2).

Tabela 2. Emissões de dióxido de carbono – CO₂ por tipo de combustível e monóxido de carbono – CO, hidrocarbonetos não metano – NMHC, óxidos de nitrogênio – NO_x, material particulado – MP e metano – CH₄ por veículos com motores do ciclo diesel e motocicletas em 2010 e 2012.

Fonte	CO ₂	CO	NMHC	NO _x	MP	CH ₄
----- Mg -----						
2010						
Ciclo diesel ⁽¹⁾	--	438	577	52	6	--
Motocicletas ⁽²⁾	--	852	117	84	3	25
Gasolina	215.518	--	--	--	--	--
Etanol hidratado	11.185	--	--	--	--	--
Diesel	293.322	--	--	--	--	--
Total	520.025	1.290	694	136	9	25
2012						
Ciclo diesel ⁽¹⁾	--	532	719	64	8	--
Motocicletas ⁽²⁾	--	582	80	57	2	17
Gasolina	269.765	--	--	--	--	--
Etanol hidratado	6.768	--	--	--	--	--
Diesel	448.244	--	--	--	--	--
Total	724.777	1.114	799	121	10	17

⁽¹⁾ Comerciais leves, ônibus e caminhões.

⁽²⁾ Ciclomoto, triciclo, motoneta, motociclo e *side-car*.

As emissões por fase tecnológica definida pelo Proconve e pelo Promot não foram consideradas neste inventário porque o foco foi o tipo de combustível e não a fase tecnológica. Além disso, a frota atual do Estado do Acre ainda não atende integralmente as fases tanto do Proconve, quanto do Promot. Entretanto, as emissões por fase tecnológica podem ser consultadas em PCPV/Acre (ACRE, 2011b), com aplicação de acordo com o que as informações atuais permitem.

3.3. Mudança de uso da terra e florestas

3.3.1. Método de abordagem

3.3.1.1. Representação de áreas

As estimativas das emissões antrópicas líquidas por fontes e remoções por sumidouros de CO₂ associadas à mudança do uso da terra e florestas entre dois momentos no tempo (2010 e 2012) consideram todos os compartimentos de carbono, consistindo da biomassa viva acima do solo, biomassa viva abaixo do solo (raízes), galhos finos e folhas mortas (serapilheira fina), galhos grossos mortos (serapilheira grossa) e o carbono de solo, conforme propõe o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003).

No presente inventário foram tomadas como base as emissões líquidas médias para o período compreendido entre 2010 e 2012.

Para elaboração deste inventário foi usado como referência o TIER 2, que requer observações espacialmente explícitas de mudança do uso da terra (PENMAN et al., 2003). A totalidade do território acriano foi objeto de análise 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, 2011b) e uso da terra em 2012 (ACRE, 2013).

Uma síntese de cada um dos planos de informação é apresentada a seguir:

Limites municipais

Foi utilizada a Malha Municipal Digital do ano de 2006 do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Essa versão já incorpora as mudanças oriundas da nova divisa entre o Estado do Acre e o Amazonas que foi delineada com base nas coordenadas constantes do comprimento do Acórdão lavrado pelo Supremo Tribunal Federal, por meio da Ação Civil Originária nº 415-2, Distrito Federal de 4 de dezembro de 1996. Incorpora, ainda, a revisão dos limites intermunicipais acrianos, realizada pela Comissão Parlamentar de Inquérito, na forma disposta no Art. 27 da Resolução nº 86, de 28 de novembro de 1990 – Regimento Interno da Assembleia Legislativa do Estado do Acre.

Dessa forma a partir da revisão e definição dos limites do Estado do Acre, a base com os 22 municípios possibilita a construção de informações estatísticas secundárias em nível municipal, permitindo estabelecer parâmetros diferenciados para essas unidades.

Fisionomia vegetal

O Mapa de Tipologias Vegetais do Acre demonstra a vegetação original e o desmatamento do ano de 2005 (ACRE, 2010). Os estudos de vegetação foram baseados em coletas de informações em inventários florestais já realizados no Estado do Acre e de trabalhos com interpretação de imagens de satélite. Os resultados demonstraram que no Acre predominam duas grandes regiões fitoecológicas, a floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta. Em uma pequena extensão existe também uma terceira região fitoecológica, a região da campinarana, restrita à porção noroeste do estado.

Tanto no domínio da floresta ombrófila densa, quanto no domínio da floresta ombrófila aberta, coexiste grande diversidade de formações vegetais, as quais são diferenciadas principalmente pelo tipo de solos. A classificação desses domínios geralmente é baseada em aspectos fisionômicos e estruturais, que se sobrepõem aos aspectos florísticos.

Na Tabela 3 são apresentados os códigos das tipologias florestais (ACRE, 2010) utilizados neste inventário.

Tabela 3. Classes de vegetação ocorrentes no Estado do Acre – ZEE Fase II.

Código ZEE	Código IBGE	Descrição
Campinaranas	L	Campinaranas
FAB - Aluvial	-	Floresta aluvial aberta com bambu
FAB + FAP	Abb+Abp	Floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras
FAB + FAP + FD	Abb+Abp+Db	Floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras + floresta densa
FAB + FD	Abb+Db	Floresta aberta com bambu + floresta densa
FABD	Abb	Floresta aberta com bambu dominante
FAP	Abp	Floresta aberta com palmeiras
FAP - Aluvial	Aap	Floresta aluvial aberta com palmeiras
FAP - Aluvial + Pab	Aap+Pab	Floresta aluvial aberta com palmeiras + formações pioneiras
FAP - Aluvial + Vs	Aap+Vs	Floresta aluvial aberta com palmeiras + vegetação secundária
FAP + FAB	Abp+Abb	Floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu
FAP + FAB + FD	Abp+Abb+Db	Floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu + floresta densa
FAP + FD	Abp+Db	Floresta aberta com palmeiras + floresta densa
FAP + FD + FAB	Abp+Db+Abb	Floresta aberta com palmeiras + floresta densa + floresta aberta com bambu
FAP + Pab	Abp+Pab	Floresta aberta com palmeiras + formações pioneiras
FD	Db	Floresta densa
FD - Submontana	Ds	Floresta densa submontana
FD + FAP	Db+Abp	Floresta densa + floresta aberta com palmeiras

Fonte: Acre (2010).

Tipos de solo

O cálculo do estoque de carbono de solos foi realizado conforme Melo (2003). Resumidamente, foi utilizado um mapa de solos na escala de 1:1.000.000 e um banco de dados de 182 perfis, estimando os estoques de carbono até um metro de profundidade.

Para o presente inventário, as seguintes etapas foram realizadas:

- a) Adaptação do mapa de solos do Acre (ACRE, 2010), na escala 1:250.000, para se ter as estimativas em novas manchas.
- b) Geração do mapa de associação solo-vegetação, considerando a base de uso de 2010.

Os resultados do mapa de solos consolidaram 90 unidades de mapeamento distribuídas em até cinco componentes por unidade, perfazendo um total geral de 229 componentes (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de solo, unidades de mapeamento, percentual em relação à área do Estado do Acre e primeiro componente da unidade.

Classe de solo	Unidades de mapeamento	Área %	1º componente
Cambissolos	CXa	0,18	CAMBISSOLO HÁPLICO Aluminico típico
	CXve1	1,81	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve2	0,09	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve3	0,28	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve4	5,20	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve5	2,51	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve6	0,03	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
	CXve7	21,43	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico
Plintossolos	FTd	0,18	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico abrupático
	FXd1	0,11	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
	FXd2	0,02	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
	FXd3	0,66	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
	FXd4	0,22	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
	FXe1	0,27	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico
	FXe2	0,22	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico
	FXe3	0,18	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico
	FXe4	0,35	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Classe de solo	Unidades de mapeamento	Área %	1º componente
Gleissolos	GMba	0,07	GLEISSOLO MELÂNICO Tb Alumínico típico
	Gme	1,77	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico
	GMe1	0,06	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMe2	0,05	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMe3	0,50	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMe4	1,21	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMe5	1,26	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMe7	0,37	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico
	GMva	0,69	GLEISSOLO MELÂNICO Ta Alumínico típico
Latosolos	LAd	0,20	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
	LVAd1	0,04	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
	LVAd2	1,25	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
	LVd1	0,13	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
	LVd2	0,04	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
	LVd3	1,30	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
	LVd4	0,03	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
	LVd5	0,15	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
Argissolos	PAd1	0,01	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
	PAd2	0,28	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
	PAd3	0,22	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
	PAd4	0,15	ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico
	PAd5	0,32	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
	PAd6	0,07	ARGISSOLO AMARELO Distrófico plintossólico
	PAd7	0,71	ARGISSOLO AMARELO Distrófico plintossólico
	PAva1	0,20	ARGISSOLO AMARELO Tb Alumínico típico
	PAva2	0,23	ARGISSOLO AMARELO Tb Alumínico típico
	PAva3	7,90	ARGISSOLO AMARELO Tb Alumínico típico
	PVAb1	1,11	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Alumínico típico
	PVAb2	10,07	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb Alumínico
	PVAb3	1,07	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb Alumínico
	PVAb4	2,35	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Alumínico
	PVAb5	0,45	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb Alumínico típico
PVAb6	1,27	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Alumínico	
PVAd1	0,03	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico	

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Classe de solo	Unidades de mapeamento	Área %	1º componente
	PVAd2	0,31	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
	PVAd3	1,98	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
	PVAd4	0,30	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico plintossólico
	PVAd5	0,38	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico
	PVAd6	0,08	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico plíntico
	PVAd7	0,20	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
	PVAd8	0,41	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
	PVAe1	0,25	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
	PVAe2	0,62	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico Plintossólico
	PVAe3	0,08	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico Plintossólico
	PVAe4	1,89	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico Plintossólico
	PVAe5	0,12	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico Plintossólico
	PVba	1,53	ARGISSOLO VERMELHO Tb Alumínico típico
	PVd1	0,02	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico plintossólico
	PVd2	1,23	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
	PVd3	1,30	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico plintossólico
	PVd4	0,17	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
	PVd5	0,07	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
	PVd6	0,09	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico plintossólico
	PVd7	0,24	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico plintossólico
	PVd8	0,19	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
	PVd9	0,18	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
	PVe	0,19	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico
Neossolos	RQg	0,03	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico espódico
	RUve1	0,74	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico
	RUve2	0,38	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico
Luvissolos	TCo	0,09	LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico
	TPk	4,73	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Carbonático típico
	TPo1	0,05	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
	TPo2	0,03	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
	TPo3	2,79	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Classe de solo	Unidades de mapeamento	Área %	1º componente
	TPo4	4,98	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
	TPo5	0,65	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
	TPo6	1,22	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
	TPo7	0,03	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico típico
Vertissolos	Vck1	0,08	VERTISSOLO CROMADO Carbonático típico
	Vck2	0,40	VERTISSOLO CROMADO Carbonático típico
	Vck3	0,02	VERTISSOLO CROMADO Carbonático típico
	Vck4	0,12	VERTISSOLO CROMADO Carbonático típico
	VCo	2,42	VERTISSOLO CROMADO Órtico típico

As 18 classes de vegetação foram integradas com oito ordens de solos, mantendo-se, também, todas as unidades de mapeamento, permitindo estruturar o mapa base de associação solo-vegetação com as possibilidades no território acriano (Tabela 5).

Tabela 5. Matriz de integração de vegetação natural e ordem de solos no Estado do Acre.

Vegetação	Ordem de solos							
	Argissolo	Cambissolo	Gleissolo	Latossolo	Luvissolo	Neossolo	Plintossolo	Vertissolo
Campinaranas								
FAB - Aluvial								
FAB + FAP								
FAB + FAP + FD								
FAB + FD								
FABD								
FAP								
FAP - Aluvial								
FAP - Aluvial + Pab								

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Vegetação	Ordem de solos							
	Argissolo	Cambissolo	Gleissolo	Latosolo	Luvissolo	Neossolo	Plintossolo	Vertissolo
FAP - Aluvial + Vs								
FAP + FAB								
FAP + FAB + FD								
FAP + FD								
FAP + FD + FAB								
FAP + Pab								
FD								
FD - Submontana								
FD + FAP								

Uso da terra

O IPCC (PENMAN et al., 2003) indica seis amplas categorias de uso da terra: floresta, campo, agricultura, áreas alagadas, áreas urbanas e outras áreas. A partir dessa base, em cada ano, trabalhou-se com uma metodologia e tipologias diferentes, as quais foram mantidas para construir uma base de autovalidação do uso anterior a partir da visão histórica do período de 2010–2012. Nesse caso, as categorias de uso da terra para este relatório foram:

- Floresta

A categoria floresta foi subdividida nas subcategorias:

a) Floresta primária

Floresta em que a ação humana não provocou alterações significativas de suas características originais de estrutura e de espécies. Em cada ano essa categoria foi correlacionada com a tipologia florestal correspondente.

b) Floresta secundária

Áreas de vegetação secundária nos estágios avançado, médio e inicial de regeneração em fase anterior às condições necessárias para alcançar os limites definidos para floresta. Essas tipologias foram estratificadas por idade.

- Campo

a) Pastagens

Abrangem as áreas destinadas ao pastoreio e formadas mediante plantio. Essas tipologias foram estratificadas por idade em três grupos: pastagens jovens, maduras e velhas.

- Agricultura

Abrange todas as áreas cultivadas com lavouras temporárias e permanentes, adicionando-se as áreas derrubadas e queimadas recentemente às áreas para cultivos anuais.

- Áreas alagadas

Incluem espelhos-d'água de lagos, rios e reservatórios.

- Áreas urbanas

São áreas internas ao perímetro urbano das cidades do Estado do Acre, caracterizadas pela edificação contínua e a existência de equipamentos sociais destinados às funções básicas, como habitação, trabalho, recreação e circulação.

- Outras áreas

Praias, usos não identificados, não sensoriada, etc.

Na Tabela 6, sintetizam-se as categorias de uso da terra consideradas e sua relação com o IPCC.

Tabela 6. Categorias de uso da terra mapeadas em cada ano de avaliação no Estado do Acre e sua relação com as classes definidas no IPCC.

Usos	IPCC
Floresta	Floresta (<i>forest</i>)
Capoeira de 1 ano	
Capoeira de 2 anos	
Capoeira de 3 anos	
Capoeira de 4 anos	
Capoeira de 5 anos	
Capoeira de 6 anos	
Capoeira de 7 anos	
Capoeira de 8 anos	
Capoeira de 9 anos	
Capoeira de 10 anos	
Capoeira de 11 anos	
Capoeira de 12 anos	
Capoeira de 13 anos	
Capoeira de 14 anos	
Capoeira de 15 anos	
Capoeira de 16 anos	
Capoeira de 17 anos	
Capoeira de 18 anos	
Capoeira de 19 anos	
Capoeira de 20 anos	
Capoeira de 21 anos	
Capoeira de 22 anos	
Capoeira de 23 anos	
Capoeira de 24 anos	
Capoeira de 25 anos	
Pastagem madura – 5–10 anos	Campo (<i>grassland</i>)
Pastagem nova – até 5 anos	
Pastagem velha – > 10 anos	
Queima em pastagem	
Derruba e queima em capoeira	Área agrícola (<i>cropland</i>)
Derruba e queima em floresta primária	
Derrubada 2010	
Queima em floresta primária	
Área urbana	Área urbana (<i>settlements</i>)
Espelho-d'água	Área alagada (<i>wetlands</i>)
	Outros usos (<i>other land</i>)

3.3.1.2. Cálculo das emissões e remoções

A base fundamental para o cálculo considera dois pressupostos essenciais, propostos por Houghton et al. (1996) e utilizados por Costa et al. (2012) no inventário do Acre de 2010:

- a) O fluxo de CO₂ para a atmosfera em determinada área é igual às mudanças nos estoques de carbono em certo período de tempo.
- b) As mudanças nos estoques de carbono podem ser estimadas, determinando-se as taxas de mudança do uso da terra e o impacto dessas práticas sobre os estoques.

A estimativa das emissões de CO₂ no período deste trabalho foi realizada por meio do cálculo da diferença de estoques de carbono entre o início e o final do período para cada transição de uso da terra definida (PENMAN et al., 2003) no Estado do Acre.

O balanço das perdas e ganhos de carbono nos compartimentos (biomassa aérea e no solo) para o período 2010–2012 foi obtido por meio de dois processos:

- Estimativa das emissões e remoções relativas à mudança no estoque de biomassa viva (acima e abaixo do solo) e na matéria orgânica morta (serapilheira fina e grossa).
- Estimativa das emissões e remoções relativas à mudança de estoque do carbono do solo.

O cálculo foi feito com a utilização da equação 4 sugerida pelo Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003):

Equação 4

$$\Delta C = \sum_{ijk} (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

Sendo:

ΔC : é a mudança no estoque de carbono (em t C ano⁻¹).

ijk: índices que correspondem a tipo de clima i, tipo de vegetação j e prática de manejo k.

C_{t₁}: estoque de carbono em 2010 - t₁ (em t C).

C_{t₂}: estoque de carbono em 2012 - t₂ (em t C).

A metodologia para estimativa da variação no conteúdo de carbono do solo utilizou como referência o valor de carbono médio do primeiro componente da unidade de mapeamento do solo sob vegetação primária para cada uma das associações solo-vegetação definidas. De acordo com o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003), foi considerado que o ganho e a perda de carbono do solo têm uma permanência de 20 anos (equação 5):

Equação 5

$$ES_i = A_i \times C_{\text{solo}} \times (fc(t_0) - fc(t_1)) \times (T/2) / 20$$

Sendo:

ES_i: emissão líquida do polígono i no período T devido à variação no carbono

do solo (tC).

A_i: área do polígono i (ha).

C_{solo}: conteúdo de carbono no solo sob a vegetação do polígono (t C ha⁻¹).

fc_(t): fator de alteração de carbono de solo no instante t (adimensional).

Equação 6

$$fc(t) = f_{LU} \times f_{MG} \times f_I$$

Sendo:

f_{LU}: fator de alteração de carbono pelo uso da terra.

f_{MG}: fator de alteração de carbono pelo regime de manejo.

f_I: fator de alteração de carbono pelas adições de matéria orgânica.

Os fatores de alteração para o Estado do Acre foram definidos a partir de estudo locais (ARAÚJO et al., 2011; PALM et al., 2000; SALIMON et al., 2007, 2009).

As estimativas consideram três pressupostos básicos: a) a mudança no uso da terra inclui as áreas desmatadas para agricultura nos anos de 2011 e 2012, dessa forma, o

período útil de análise foi de dois anos; b) a emissão líquida devido à variação de carbono no solo; c) a variação nos estoques de carbono acima do solo. Também foi feito o cálculo da emissão bruta de CO₂ produzida pelo desmatamento ocorrido em 2012, cujo resultado foi comparado com aqueles obtidos para os anos de 2004 e 2010.

O fator de transformação adotado neste trabalho de C para CO₂ foi 3,66 e o teor de carbono presente na biomassa, de 50%, em razão de não se dispor de fatores locais de conversão (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006).

3.3.2. Dados

3.3.2.1. Mapa do uso da terra

A informação de uso da terra foi obtida a partir da interpretação visual de imagens de satélite Landsat (Bandas 3, 4 e 5), e a partir destas foi gerado o mapa de uso da terra para o ano de 2010. Para o ano-base 2012, foram utilizadas imagens do sensor LISS-III – Linear Imaging Self-Scanner do satélite IRS-P6 ou RESOURCESAT-1 (ACRE, 2013b). Para construir o cenário de evolução do uso da terra foram utilizadas informações disponíveis em Costa et al. (2012), relativas ao inventário ano-base 2010, construindo-se uma base de uso da terra para o ano de 2012 específica para este relatório, a partir do histórico do desmatamento do Acre de 1988–2013 (ACRE, 2013).

3.3.2.2. Estoque de carbono da biomassa viva e matéria orgânica morta

As equações utilizadas para o cálculo de biomassa nas florestas maduras foram desenvolvidas por Brown (1997), cujos coeficientes de correlação entre diâmetro e biomassa são de 0,84 para árvores com diâmetro entre 5 cm e 148 cm, e de 0,97, para árvores com mais de 150 cm de diâmetro. Essas equações foram selecionadas pelos seguintes motivos:

- Foram desenvolvidas para florestas tropicais úmidas e próprias para as faixas de diâmetro das árvores amostradas.
- Não incluem a altura da árvore no cálculo, cuja medida no campo é uma fonte de erro.

- São equações já utilizadas em outros trabalhos na Amazônia Ocidental e Oriental, possibilitando uma melhor comparação dos resultados deste inventário com resultados de outras regiões da Amazônia.

As equações 7 (árvores com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 160 \text{ cm}$) e 8 (árvores com $\text{DAP} \geq 160 \text{ cm}$) foram utilizadas para cálculo da biomassa viva acima do solo (BVAS):

Equação 7

$$\text{BVSA} = 42,69 - 12,8 * (\text{DAP}) + 1,242 * (\text{DAP}^2)$$

Equação 8

$$\text{BVSA} = \exp\{-2.134 + 2,530 * \ln(\text{DAP})\}$$

Sendo:

BVAS: biomassa viva acima do solo (kg).

DAP: diâmetro à altura do peito ou 1,3 m do solo (m).

A biomassa abaixo do solo foi calculada com base na estimativa de Malhi et al. (2009), que recomendam a aplicação de um fator adimensional de 0,21 sobre a BVAS. De acordo com essa estimativa, a biomassa abaixo do solo corresponde a 21% da biomassa aérea.

No cálculo da biomassa viva total em 2012 foram adicionados 3%, correspondentes ao valor da biomassa da serapilheira acima e abaixo do solo (BRASIL, 2010). O cálculo da biomassa da serapilheira já havia sido realizado em 2010 (COSTA et al., 2012).

Os dados de biomassa da vegetação acima do solo foram baseados nos inventários florestais e no mapa de tipologias florestais do Zoneamento Ecológico-Econômico Fase II (ACRE, 2010), na escala de 1:250.000, e sistematizados por Salimon et al. (2009, 2011) (Tabela 7).

Tabela 7. Biomassa viva acima do solo (BVAS ± desvio padrão) e biomassa abaixo do solo (BS) para as tipologias florestais do Estado do Acre.

Tipologia florestal ⁽¹⁾	BVAS	BS	Porcentagem da área do Acre (%)
	----- (Mg ha ⁻¹)-----		
Campinaranas	20 ± 30	4,2	0,03
FAB - Aluvial	193 ± 63	40,5	0,93
FAB + FAP	187 ± 52	39,2	21,16
FAB + FAP + FD	275 ± 106	57,7	3,12
FAB + FD	274 ± 19	57,6	2,03
FABD	193 ± 15	40,5	8,59
FAP	303 ± 28	63,6	2,36
FAP - Aluvial	219 ± 20	45,9	4,89
FAP - Aluvial + Pab	219 ± 20	45,9	0,22
FAP - Aluvial + Vs	219 ± 20	45,9	0,12
FAP + FAB	234 ± 76	49,2	11,47
FAP + FAB + FD	275 ± 77	57,7	11,26
FAP + FD	252 ± 51	52,8	8,86
FAP + FD + FAB	275 ± 77	57,7	5,34
FAP + Pab	219 ± 20	45,9	0,05
FD	329 ± 15	69,0	0,26
FD - Submontana	85 ± 00	17,9	0,43
FD + FAP	316 ± 23	66,3	4,60

⁽¹⁾FAB - Aluvial: floresta aluvial aberta com bambu; FAB + FAP: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras; FAB + FAP + FD: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAB + FD: floresta aberta com bambu + floresta densa; FABD: floresta aberta com bambu dominante; FAP: floresta aberta com palmeiras; FAP - Aluvial: floresta aluvial aberta com palmeiras; FAP - Aluvial + Pab: floresta aluvial aberta com palmeiras + formações pioneiras; FAP - Aluvial + Vs: floresta aluvial aberta com palmeiras + vegetação secundária; FAP + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu; FAP + FAB + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu + floresta densa; FAP + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAP + FD + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta densa + floresta aberta com bambu; FAP + Pab: floresta aberta com palmeiras + formações pioneiras; FD: floresta densa; FD - Submontana: floresta densa submontana; FD + FAP: floresta densa + floresta aberta com palmeiras.

Fonte: adaptado de Salimon et al. (2011).

3.3.2.3. Carbono dos solos

Para o cálculo dos estoques de carbono no solo, foram usadas as medianas dos estoques de carbono obtidos por classe de solo (Tabela 8) na profundidade de 0 m a 1 m (MELO, 2003), que se constituíram no resultado do produto da densidade aparente de cada horizonte pelas concentrações de carbono em cada classe de solo.

Tabela 8. Estoque de carbono (kg m^{-2}) até 1 metro de profundidade nas classes de solos de ocorrência no Estado do Acre.

Classes de solos	C (kg m^{-2})
Luvissolos Crômicos	7,5 ± 1,1
Luvissolos Hipocrômicos ⁽¹⁾	7,1 ± 1,4
Vertissolos Ebânicos	11,3 ⁽²⁾
Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico	5,9 ± 1,6
Cambissolos Háplicos Ta Distrófico	6,9 ± 1,5
Cambissolos Háplicos Tb Distrófico	6,4 ± 2,1
Cambissolos Háplicos	8,9 ± 1,4
Argissolos Vermelho Distróficos	6,8 ± 1,4
Argissolos Amarelo Distróficos	5,8 ± 1,3
Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	6,1 ± 1,9
Nitossolos Háplicos Distróficos	5,9 ± 2,5
Nitossolos Vermelhos Distróficos	5,8 ± 1,0
Alissolos Crômicos ⁽³⁾	6,8 ± 1,3
Alissolos Hipocrômicos ⁽³⁾	7,8 ± 1,6
Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos	6,3 ± 2,1
Gleissolos Háplicos Ta Distróficos	7,4 ± 3,7
Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos	5,2 ± 1,0
Plintossolos Háplicos Ta Distróficos	7,7 ± 1,4
Plintossolos Argilúvicos Ta Distróficos	6,6 ± 0,8
Latossolos Vermelhos Distróficos	5,9 ± 1,7
Latossolos Amarelos Distróficos	7,6 ± 1,3

⁽¹⁾O atual SiBCS classifica os Luvissolos em Crômicos e Háplicos, ou seja, os Luvissolos Hipocrômicos passaram a ser denominados de Háplicos.

⁽²⁾Somente um perfil foi analisado (sem repetição).

⁽³⁾A classe dos Alissolos foi excluída a partir da edição de 2006 do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2006). A classe foi incluída na ordem dos Argissolos em outros níveis categóricos.

Fonte: adaptado de Melo (2003).

O cálculo dos estoques de carbono no solo foi feito com base nas unidades de mapeamento de solos da base pedológica do Zoneamento Ecológico-Econômico (Acre, 2010). Como cada unidade de mapeamento de solos pode ser composta por uma ou mais classes, os estoques de carbono foram calculados de acordo com a predominância das classes de solos em cada unidade.

3.3.2.4. Definição dos fatores de emissão e outros parâmetros necessários à estimativa das emissões e remoções de CO₂

Sempre que possível, os valores dos fatores de emissão adotados nas equações para estimativa das mudanças de estoque de carbono, no período 2010–2012, foram específicos para o Acre e não valores *default* (TIER 1) (PENMAN et al., 2003).

Incremento médio anual de carbono em áreas de vegetação secundária

Para essa estimativa foram considerados os resultados de Palm et al. (2000), que obtiveram uma taxa de incremento de carbono em áreas de regeneração natural de 3,9 t C ha⁻¹ ano⁻¹ e, em áreas de pousio melhorado, de 6,9 t C ha⁻¹ ano⁻¹; e de Salimon e Brown (2000), que obtiveram um crescimento para capoeiras de 6–12 anos de 2 a 3 t C ha⁻¹ ano⁻¹ e para capoeiras de 30 anos de 1,5 t C ha⁻¹ ano⁻¹.

Os estudos de d'Oliveira e Ribas (2011) sobre clareiras no Acre demonstraram que, pelo menos nos primeiros 12 anos, o crescimento da floresta tende a ser linear. Após, a tendência é de diminuição gradativa no acúmulo anual de carbono, concordando com Salimon e Brown (2000). Considerando-se os estudos locais, neste inventário, adotou-se uma taxa de incremento para capoeiras novas (≤ 12 anos de idade) de 2,5 t C ha⁻¹ ano⁻¹ e para capoeiras velhas (> 12 anos de idade) de 1,5 t C ha⁻¹ ano⁻¹.

Estoque médio de carbono em áreas de vegetação secundária

Em função do monitoramento do desmatamento desde o ano de 1988 (ACRE, 2014), foi possível estratificar as florestas secundárias de acordo com a data da conversão e de início da regeneração. Dessa forma, considerando os dados de Salimon e Brown (2000), Brasil (2010) e Salimon et al. (2011), foi realizada interpolação para definir estoques médios em florestas secundárias no Acre, que correspondem a 60 t C ha⁻¹. A partir desse dado médio obteve-se a estimativa de biomassa para capoeiras de 1 ano (10 t C ha⁻¹) até capoeiras com 25 anos (127 t C ha⁻¹).

Estoque médio de carbono em área de pastagem plantada

Foi adotado o valor de $5,7 \text{ t C ha}^{-1}$, para pastagens tradicionais (aquelas em que não há um manejo intensivo), e $6,4 \text{ t C ha}^{-1}$, para pastagens melhoradas, conforme os estudos de Palm et al. (2000), para a definição do conteúdo médio de carbono em pastagens plantadas na Amazônia Ocidental.

Estoque de carbono em áreas agrícolas

Para a obtenção dos estoques médios de carbono em área agrícola, bem como de incremento médio anual de carbono em área agrícola em formação, foram utilizadas as referências de Palm et al. (2000) e do Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003), para se obter um valor médio de 9 t C ha^{-1} e de incremento de $1,3 \text{ t C ha ano}^{-1}$.

Estoque de carbono na biomassa em reservatórios e áreas urbanas

Foi assumido o valor de zero para carbono na biomassa em áreas de espelhos-d'água e áreas urbanas.

Fator de alteração do carbono de solos

Os fatores de alteração de carbono no solo foram definidos com base nos estudos de Araújo et al. (2011) e de Salimon et al. (2009), em pastagens plantadas no Acre, os quais concluíram que a conversão de florestas primárias para outras formas de uso da terra pode resultar na emissão de 20% a 40% do carbono armazenado no solo até um metro de profundidade. Associados a esses estudos, foram considerados os resultados de Salimon et al. (2007) em pastagens e capoeiras, que demonstraram variações significativas no estoque de carbono para esses usos da terra, quando comparados com a mesma classe de solo sob floresta.

Os estudos de Palm et al. (2000) revelaram, também, os fatores de conversão para usos específicos utilizados no presente inventário. Com a consolidação desses estudos, foram definidos os fatores de alteração para os usos considerados neste inventário, conforme a Tabela 9.

Tabela 9. Fatores de alteração ou correção (FC) do carbono de solos com a mudança de uso da terra e florestas no Estado do Acre.

Uso da terra	FC
Floresta	1,00
Capoeira	0,72
Pastagem	0,77
Agricultura	0,89
Espelho-d'água	0,00
Mancha urbana	0,00
Praia	1,00
Outros	0,80

3.3.3. Resultados

A seguir são apresentadas a mudança de uso da terra e florestas no período de 2010 a 2012 e as estimativas de emissões de CO₂ obtidas para o Estado do Acre expressas em Gg ha⁻¹.

Área de transição

Para a definição da matriz de transição observou-se um erro na ordem de 2,5% na quantificação, em função da diferença em relação à área total do estado. No período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012, foram convertidos 56.034 hectares de floresta primária para outros usos da terra (Tabela 10), correspondendo a uma média de 28.017 hectares desmatados por ano ou uma taxa de desmatamento equivalente a 0,17% da área total do estado ao ano.

Essa taxa significa uma redução de 55% na taxa observada no inventário do ano-base 2010 relativo ao período 2004–2010. Nesses dois anos, a maior parte da área de floresta foi convertida em pastagem (29.008 ha, 52%), o restante foi transformado em

Tabela 10. Mudanças de uso da terra e florestas observadas no período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.

Categoria de uso da terra	Total 2010	Mudanças no uso da terra – dezembro de 2010 a dezembro de 2012							
		Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho-d'água	Mancha urbana	Praia	Outros
Floresta	14.148.759	14.092.725	0	29.008	27.026	0	0	0	0
Capoeira	230.273	0	230.269	4	0	0	0	0	0
Pastagem	1.894.915	0	0	1.891.520	3.394	0	0	0	0
Agricultura	88.127	0	88.125	3	0	0	0	0	0
Espelho-d'água	47.512	0	0	0	0	47.512	0	0	0
Mancha urbana	10.969	0	0	2	3	0	10.964	0	0
Praia	558	0	0	2	0	0	0	556	0
Outros	1.021	0	960	3	58	0	0	0	0
Total 2012	16.422.134	14.092.725	319.354	1.920.541	30.482	47.512	10.964	556	0

áreas para agricultura (27.026 ha, 48%).

Entre 2010 e 2012, observou-se aumento de 230.273 ha para 319.354 ha (um acréscimo de 38%) na área de florestas secundárias, produzido principalmente pela transformação das áreas de agricultura familiar em pousios (88.127 ha). Em 2012, as florestas secundárias foram estratificadas por idade (de 1 a 25 anos), permitindo construir uma base de dados que possibilita a visualização com maior detalhamento dos efeitos de remoção de CO₂ da atmosfera por essas florestas. No Estado do Acre, 52% da área de florestas secundárias foram formadas a menos de 15 anos.

Durante o período avaliado as áreas destinadas à agricultura foram reduzidas em 65%, de 88.127 ha (2010) para 30.482 ha (2012). Essa redução ocorreu em função do incremento de áreas de floresta secundária, reforçando o papel da agricultura migratória na produção acriana. Também foi observada uma conversão de 3.394 ha de pastagens em agricultura, provavelmente, para o cultivo de grãos em larga escala, reforçando o papel da integração lavoura-pecuária. A maior parte da área de agricultura remanescente (27.026 ha) em 2012 foi oriunda de desmatamento de floresta primária ocorrido nos anos anteriores.

Emissão líquida devido à variação do carbono no solo

O termo emissão líquida para o solo é o resultado do balanço entre ganhos e perdas de carbono em processos pedobiológicos e físicos no solo, ou seja, adição a partir da decomposição de resíduos vegetais e de raízes mortas sobre e/ou dentro do solo e remoção pela produção de CO₂ por microrganismos e raízes dentro do solo. Para a estimativa de emissão líquida de CO₂, considerando-se a variabilidade do mapa de solos na escala de 1:250.000, a incerteza é de cerca de 15%. De dezembro de 2010 a dezembro de 2012 a emissão antrópica líquida do solo foi de 116 Gg de CO₂, com 77% (89 Gg CO₂) oriundos do desmatamento de floresta primária para o estabelecimento de pastagens e agricultura (Tabela 11). É importante ressaltar que a média histórica de emissão antrópica líquida anual no período de 2004 a 2010 foi de 1.077 Gg de CO₂, que foi reduzida para 58 Gg de CO₂ por ano no período de 2010 a 2012.

Tabela 11. Emissão líquida de CO₂ devido à variação do carbono no solo pela mudança de uso da terra e florestas no período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.

Categoria de uso da terra	Total 2010	Variação da emissão líquida de CO ₂ dezembro 2010–dezembro 2012							
		Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho-d'água	Mancha urbana	Praia	Outros
-----Gg CO ₂ -----									
Floresta	89	0	0	48	41	0	0	0	0
Capoeira	17	0	17	0	0	0	0	0	0
Pastagem	19	0	0	11	8	0	0	0	0
Agricultura	10	0	-10	0	0	0	0	0	0
Espelho-d'água	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Praia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total 2012	116	0	7	60	49	0	0	0	0

A matriz de transição apresenta áreas de pastagens em dezembro de 2010 que permaneceram como pastagens em dezembro de 2012, com uma dinâmica de ganho de carbono. Isso aconteceu porque nesse período houve um estabelecimento relativamente baixo de novas pastagens (1%) produzindo um incremento de carbono do solo de 11 Gg CO₂ em função do envelhecimento das pastagens estabelecidas em anos anteriores.

A transformação de mais de 65% da área de agricultura (88.125 ha) em florestas secundárias no período permitiu uma fixação de 10 Gg CO₂, decorrente da redução nas emissões em função da absorção líquida, devido ao aumento de carbono no solo via regeneração natural.

Em relação às florestas secundárias, considerando-se a sua dinâmica de crescimento, houve emissão líquida de 17 Gg de CO₂ no solo, em função do aumento da ciclagem, da idade de conversão e do crescimento de raízes.

Mudança do estoque de carbono na vegetação ou carbono aéreo

De dezembro de 2010 a dezembro de 2012, o Estado do Acre reduziu em 393 Gg seu estoque de CO₂ equivalente presente na vegetação, principalmente em função da redução da área com cobertura florestal, convertida para outros usos (Tabela 12).

Tabela 12. Mudança do estoque de CO₂ devido à transição de uso da terra e florestas de dezembro de 2010 a dezembro de 2012 no Estado do Acre.

Categoria de uso da terra	Total 2010	Uso 2012							
		Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho-d'água	Mancha urbana	Praia	Outros
-----Gg CO ₂ -----									
Floresta	-2.323	0	0	-1.400	-923	0	0	0	0
Capoeira	1.361	0	1.361	0	0	0	0	0	0
Pastagem	-258	0	0	-147	-111	0	0	0	0
Agricultura	820	0	820	0	0	0	0	0	0
Espelho-d'água	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Praia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros	8	0	9	0	-1	0	0	0	0
Total 2012	-393	0	2.190	-1.547	-1.035	0	0	0	0

A formação de novas pastagens contribuiu com 60% da redução dos estoques de carbono na vegetação. A conversão de florestas para a produção de culturas anuais ocasionou a redução no estoque da ordem de 923 Gg CO₂. As áreas de pastagens que assim permaneceram proporcionaram uma perda de estoque de carbono de 147 Gg CO₂, em função do seu envelhecimento e degradação, e aquelas áreas convertidas para agricultura produziram uma emissão de 111 Gg CO₂.

Na dinâmica do carbono, o papel de sumidouro das florestas secundárias produziu a fixação de 1.361 Gg CO₂. A conversão de áreas de agricultura em capoeiras jovens contribuiu com a fixação de 820 Gg de CO₂.

Em função da redução da taxa anual de desmatamento e do aumento da área de florestas secundárias houve uma mudança significativa no balanço de emissões e sumidouros no período de 2010 a 2012. Entre 2004 e 2010 houve uma redução de 4.305 Gg CO₂ ano⁻¹, enquanto no período de 2010 a 2012 a redução anual foi de 196 Gg CO₂ ano⁻¹.

Emissão bruta

Considerando-se apenas o desmatamento do ano de 2012, verifica-se que houve uma emissão bruta de 7.893 Gg de CO₂, da qual a maior parte foi oriunda de desmatamento em floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras (17%) e floresta aluvial aberta com palmeiras (15,9%), conforme a Tabela 13. Um ponto importante a ressaltar é que não houve desmatamento em campinaranas, em função da sua importância ecológica e fragilidade, como havia ocorrido no período de 2004 a 2010.

Tabela 13. Emissão bruta de CO₂ por tipologia florestal convertida no Estado do Acre no ano de 2010.

Tipologia florestal ⁽¹⁾	Emissão (Gg CO ₂)	
	Bruta	%
FAB - Aluvial	191	2,4
FAB + FAP	1.345	17,0
FAB + FAP + FD	297	3,8
FAB + FD	173	2,2
FABD	185	2,3
FAP	246	3,1
FAP - Aluvial	1.256	15,9
FAP - Aluvial + Vs	13	0,2
FAP + FAB	600	7,6
FAP + FAB + FD	54	0,7
FAP + FD	1.159	14,7
FAP + FD + FAB	2	0,0
FAP + Pab	7	0,1
FD	31	0,4
FD + FAP	1.097	13,9
Floresta não classificada	1.238	15,7
Total	7.893	100

⁽¹⁾FAB - Aluvial: floresta aluvial aberta com bambu; FAB + FAP: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras; FAB + FAP + FD: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAB + FD: floresta aberta com bambu + floresta densa; FABD: floresta aberta com bambu dominante; FAP: floresta aberta com palmeiras; FAP - Aluvial: floresta aluvial aberta com palmeiras; FAP - Aluvial + Vs: floresta aluvial aberta com palmeiras + vegetação secundária; FAP + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu; FAP + FAB + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu + floresta densa; FAP + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAP + FD + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta densa + floresta aberta com bambu; FAP + Pab: floresta aberta com palmeiras + formações pioneiras; FD: floresta densa; FD + FAP: floresta densa + floresta aberta com palmeiras.

Resultados consolidados

As emissões brutas de 2012 representam uma redução de 64% em relação àquelas estimadas em 2010, fruto da diminuição da taxa de desmatamento anual e da conversão de áreas de agricultura em florestas secundárias. As remoções de carbono feitas pelas capoeiras são de extrema importância no contexto do Estado do Acre; somente em 2012 foram removidos 2.416 Gg CO₂, o que representou incremento de 68,7% nas remoções dessa categoria de uso da terra, quando comparado com o ano de 2010.

Fazendo-se a correção da emissão bruta em função das remoções, obtém-se que, em 2012, a emissão líquida estimada foi de 5.476,2 Gg de CO₂, correspondendo a uma redução de 73% na emissão líquida apresentada em 2010. A tendência geral é de redução, expressa principalmente nas menores taxas anuais de desmatamento de 2011 e 2012, quando comparadas às taxas de 2010 (Tabela 14).

Tabela 14. Evolução da emissão líquida anual no Estado do Acre considerando os anos de 2010 e 2012 para o setor de mudança de uso da terra e florestas.

Variável	Gg CO ₂		Variação
	2010	2012	
Emissão bruta	21.940	7.893	-64
Remoção	1.433	2.417	69
Emissão líquida	20.507	5.476	-73

Contexto municipal

O estoque total de carbono no Acre em 2010 foi de 3,17 bilhões de megagramas. Em 2012 esse estoque foi reduzido para 3,16 bilhões de megagramas, dos quais 66% estavam estocados na vegetação (Tabela 15).

Tabela 15. Estoques de carbono da vegetação e do solo nos municípios acrianos em 2012.

Município	Estoque da vegetação	Estoque do solo	Estoque total
	------(Mg)-----		
Feijó	359.645.296	174.302.399	533.947.696
Sena Madureira	311.234.202	159.949.285	471.183.486
Tarauacá	267.409.537	130.217.633	397.627.170
Manoel Urbano	141.404.758	70.438.516	211.843.273
Assis Brasil	134.740.871	55.729.586	190.470.457
Cruzeiro do Sul	119.966.025	53.288.832	173.254.856
Marechal Thaumaturgo	110.049.575	55.476.898	165.526.473
Rio Branco	81.435.248	57.218.839	138.654.088
Porto Walter	81.315.892	39.236.096	120.551.988
Santa Rosa do Purus	77.566.527	35.846.387	113.412.914
Mâncio Lima	76.869.786	36.278.084	113.147.870
Jordão	72.805.406	33.756.419	106.561.824
Xapuri	60.748.895	34.572.866	95.321.761
Brasileia	43.957.230	27.990.175	71.947.405
Rodrigues Alves	42.128.403	19.538.064	61.666.466
Bujari	24.504.986	20.069.200	44.574.187
Porto Acre	17.147.347	17.929.460	35.076.806
Epitaciolândia	13.177.996	11.241.144	24.419.140
Capixaba	12.446.723	11.520.547	23.967.269
Senador Guiomard	9.500.314	14.194.230	23.694.544
Acrelândia	11.654.434	10.812.049	22.466.483
Plácido de Castro	8.235.339	12.278.867	20.514.206
Total	2.077.944.790	1.081.885.574	3.159.830.363

Os municípios que apresentaram o maior estoque total de carbono foram Feijó, Sena Madureira e Tarauacá, cujo somatório totalizou 1,4 bilhão de megagramas de carbono, correspondendo a 44% do estoque total do Estado do Acre (Tabela 15 e Figura 17).

Os municípios que possuem menores estoques são Senador Guiomard, Acrelândia e Plácido de Castro, em função da área desmatada (Figura 18), com a maior proporção do estoque ocorrendo nos solos (Figura 19), enfatizando a importância do manejo de solos com práticas conservacionistas.

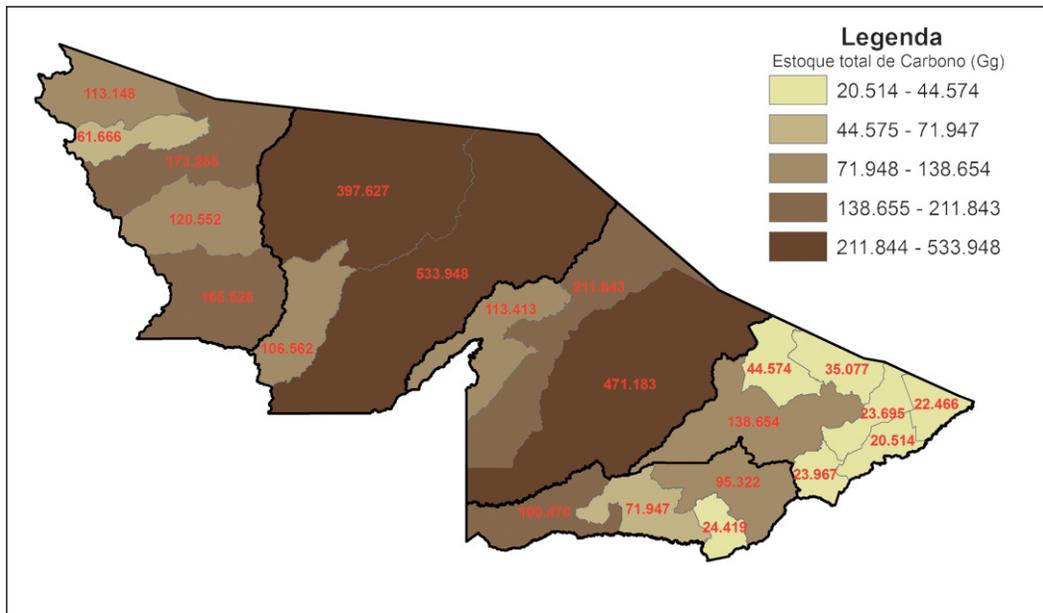


Figura 17. Estoque total de carbono (vegetação + solo) nos municípios acrianos em 2012.

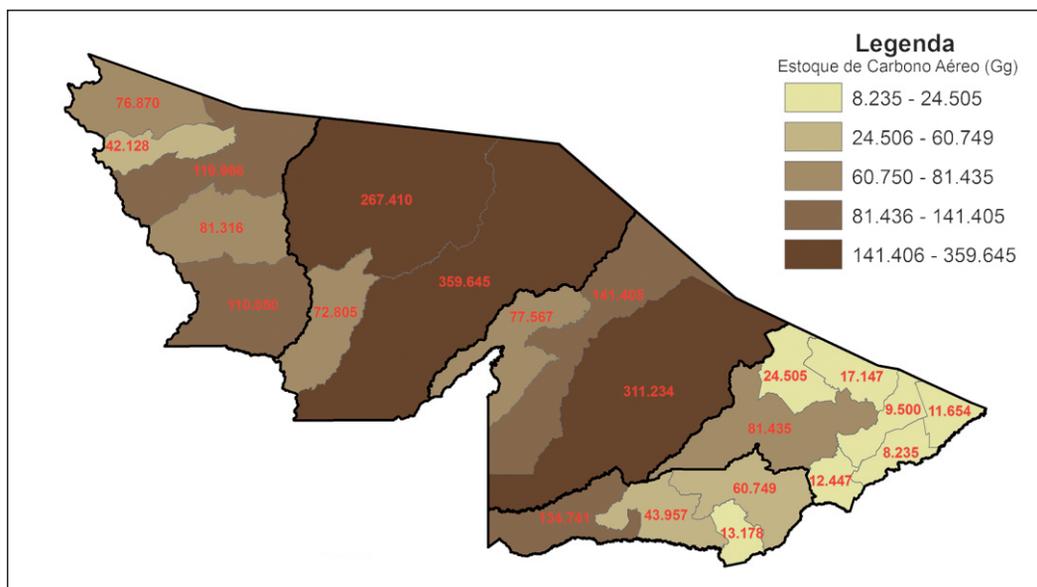


Figura 18. Estoque de carbono da vegetação (aéreo) dos municípios acrianos em 2012.

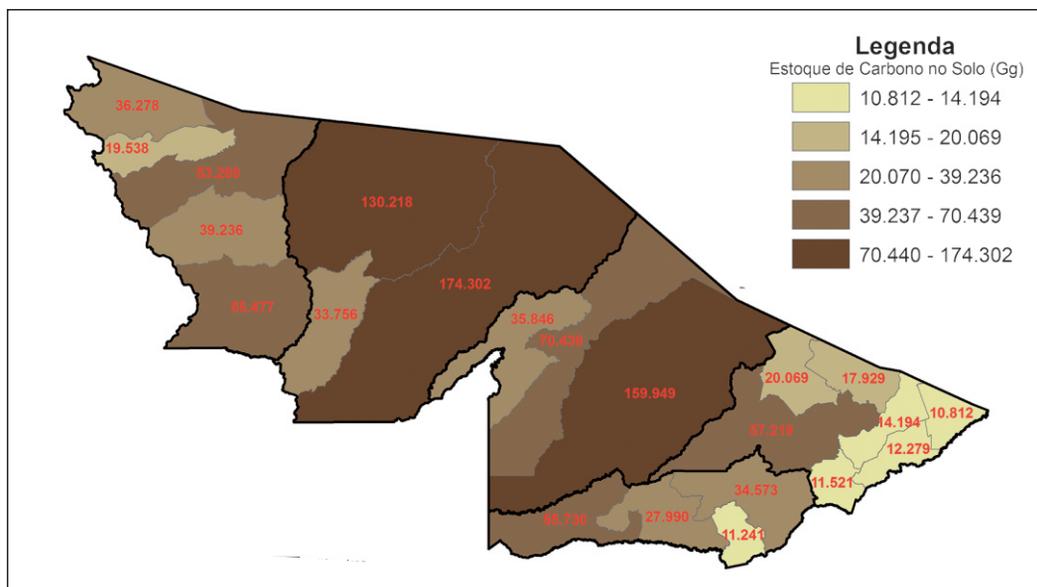


Figura 19. Estoque de carbono dos solos dos municípios acrianos em 2012.

Considerando os resultados por unidade de área de cada município, os estoques de carbono da vegetação e do solo são de (média e desvio padrão) $113 \pm 48 \text{ Mg ha}^{-1}$ e de $67 \pm 11 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente. A participação percentual da vegetação e do solo no estoque total de carbono do Estado do Acre é de (média e desvio padrão) $61\% \pm 9\%$ e de $39\% \pm 9\%$, respectivamente (Figura 20).

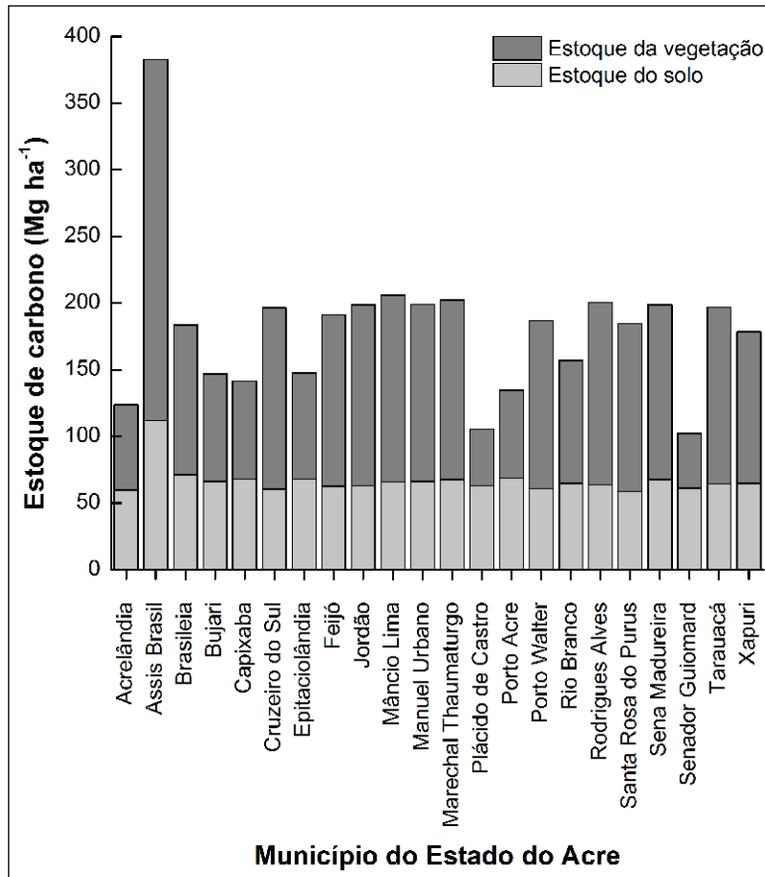


Figura 20. Estoque de carbono da vegetação e do solo em relação à área dos municípios acrianos em 2012.

3.4. Agropecuária – foco para a pecuária bovina estadual

A contribuição significativa das áreas de pastagem na área desmatada total do Acre torna a atividade pecuária relevante para o balanço de emissões do estado. Por essa razão, neste inventário, bem como no inventário ano-base 2010, as emissões do setor agropecuário restringiram-se ao cálculo da pecuária.

As atividades pecuárias geram emissões de gases de efeito estufa que ocorrem, principalmente, pela fermentação entérica de ruminantes (emissão de CH_4) e pelo manejo de dejetos de animais (emissão de CH_4 e N_2O).

A queima parcial de resíduos agrícolas, como forma de manejo do solo, produz emissões de CH_4 e N_2O e libera NO_x e CO . No Acre, embora tenha ocorrido incremento da área plantada com cana-de-açúcar, a queima dos resíduos é proibida, sendo sua colheita totalmente mecânica.

A emissão de N_2O nos solos agrícolas ocorre principalmente pela deposição dos dejetos de animais em pastagem e também pelas práticas de adubação do solo, que incluem fontes de nitrogenados sintéticos e a adubação orgânica.

Na criação de animais, a produção de CH_4 é parte do processo de digestão dos herbívoros ruminantes (a fermentação entérica); o manejo dos dejetos gera emissões de CH_4 e de N_2O ; a utilização do esterco como fertilizante e a deposição no solo dos dejetos em pastagem produzem N_2O .

As categorias de animais consideradas pelo método recomendado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) (HOUGHTON et al., 1996) incluem: animais ruminantes (gado de leite, gado de corte, búfalos, ovelhas e cabras) e animais não ruminantes (equinos, muares, asininos e suínos). A categoria de aves é incluída apenas na estimativa das emissões pelo manejo de dejetos animais.

Para este inventário foi considerado somente o rebanho bovino (gado de corte e leite em faixas etárias de animais jovens e adultos) para o cálculo das emissões de CH₄. O gado de leite foi estimado como sendo 10% do total do rebanho de bovino.

Segundo dados de 2010, 2011 e 2012 do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Acre (INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESTADO DO ACRE, 2014¹), os percentuais para as faixas etárias dos 90% relativos a gado de corte são constituídos por 41% para animais jovens (0 a 24 meses) e 59% são de animais adultos, sendo destes 31% de machos e 69% de fêmeas.

Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014), a composição do rebanho total do Acre é a seguinte: os bovinos representam 96% do rebanho de ruminantes (bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos); no rebanho total, média dos anos 2010, 2011 e 2012, os ruminantes e não ruminantes representam 56% e 44%, respectivamente; do percentual dos não ruminantes, 90% são aves (galinhas, frangas, galos, frangos, pintos e codornas) (Tabela 16).

O rebanho total de ruminantes (bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos) do Acre em 2010 era 2,68 milhões; e em 2011 e 2012 totalizou 2,65 e 2,74 milhões de cabeças, respectivamente. Em 2011, o rebanho total foi reduzido em 1% em relação a 2010. Deste ano para 2012, o acréscimo foi de 2,20% (Tabela 16).

Tabela 16. População de diferentes categorias de rebanhos no Estado do

Categoria	2010	2011	2012	Varição 2010–2012 (%)
Total de ruminantes ⁽¹⁾	2.680	2.652	2.739	2,20
Equinos	67.952	68.114	65.301	-3,90
Asininos	888	866	832	-6,30
Muares	7.531	7.576	7.522	-0,10
Suíños	150.763	139.518	139.251	-7,60
Aves ^(1,2)	1.915	1.930	1.931	0,88

⁽¹⁾Total em mil cabeças.

⁽²⁾Galinhas, frangas, galos, frangos, pintos e codornas.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014).

A distribuição dos rebanhos de bovinos, equinos, aves, ovinos e de suínos por municípios do Estado do Acre nos anos de 2010 e 2012 consta nas Figuras 21 a 30.

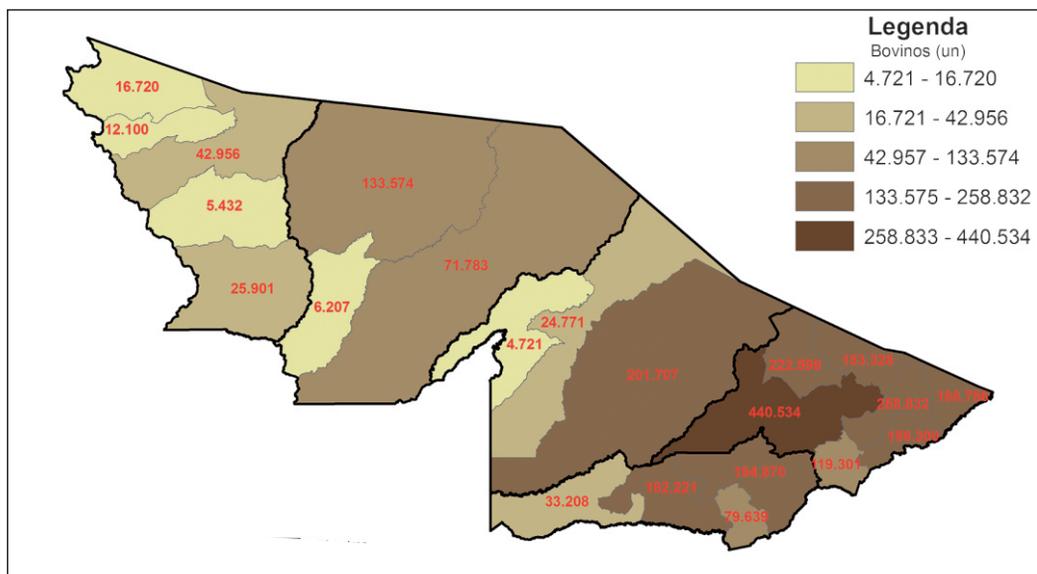


Figura 21. Rebanho municipal bovino do Estado do Acre em 2010.

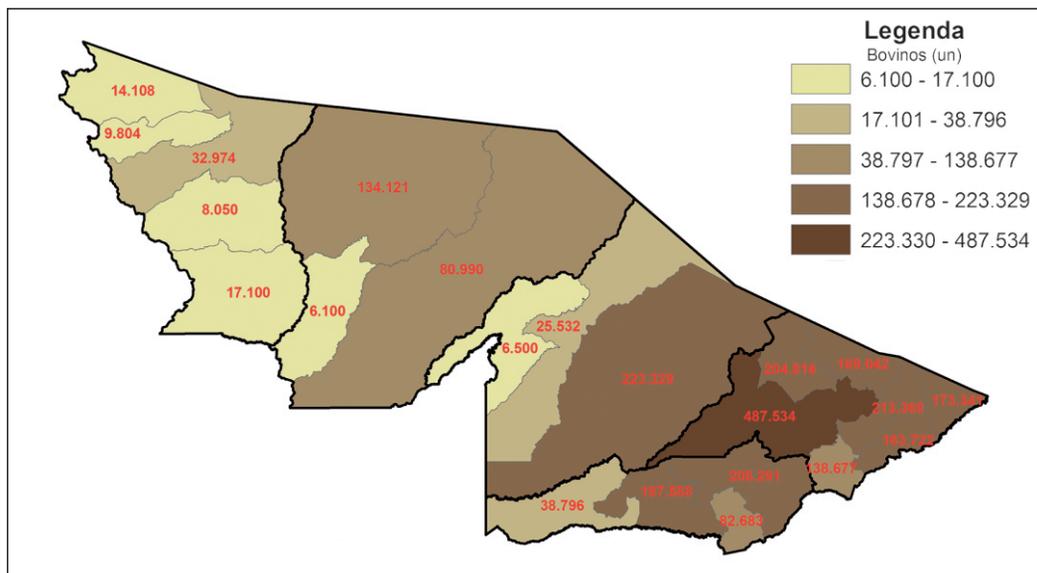


Figura 22. Rebanho municipal bovino do Estado do Acre em 2012.

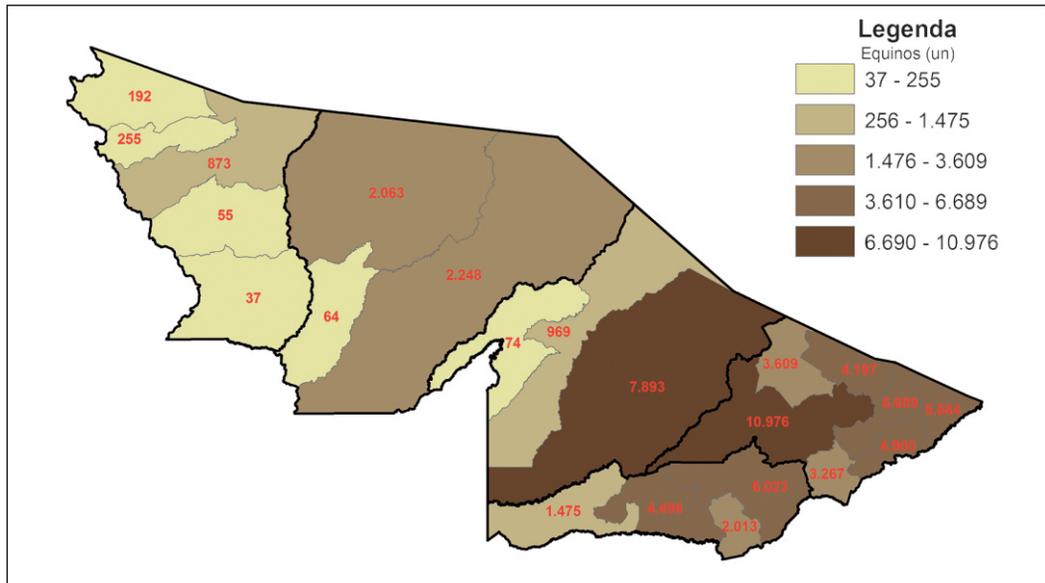


Figura 23. Rebanho municipal equino do Estado do Acre em 2010.

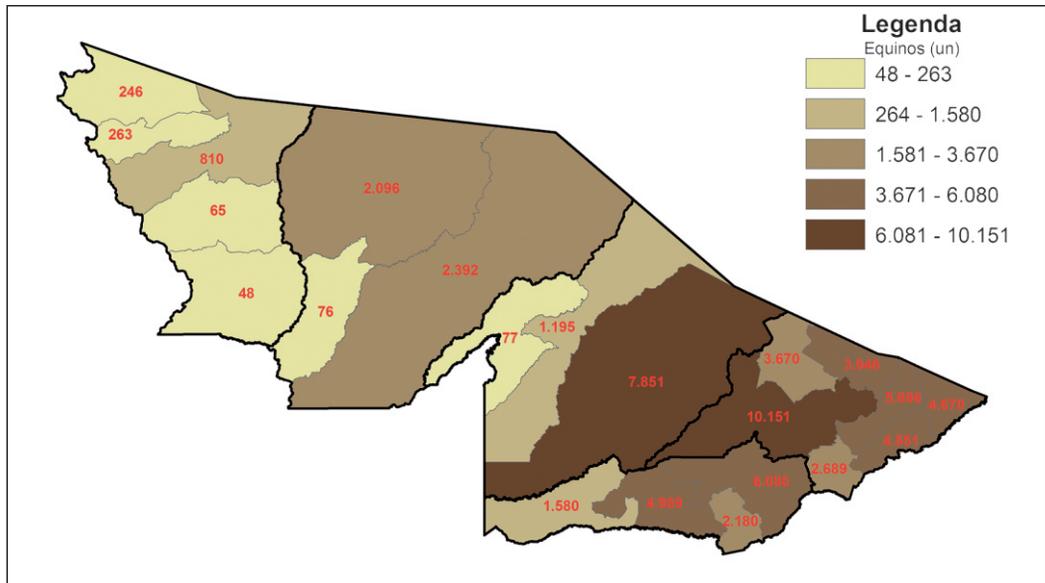


Figura 24. Rebanho municipal equino do Estado do Acre em 2012.

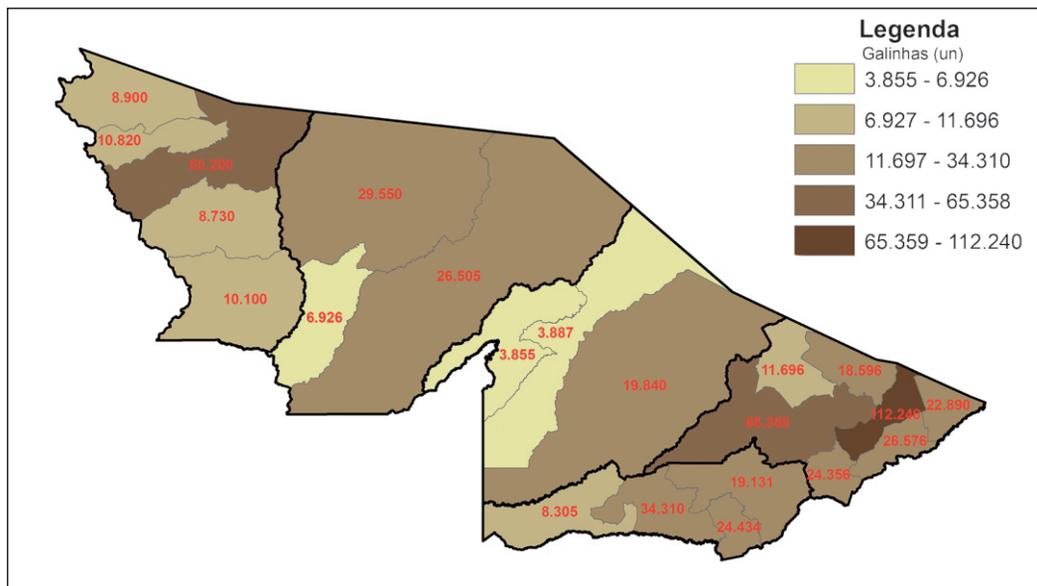


Figura 25. Rebanho municipal de aves do Estado do Acre em 2010.

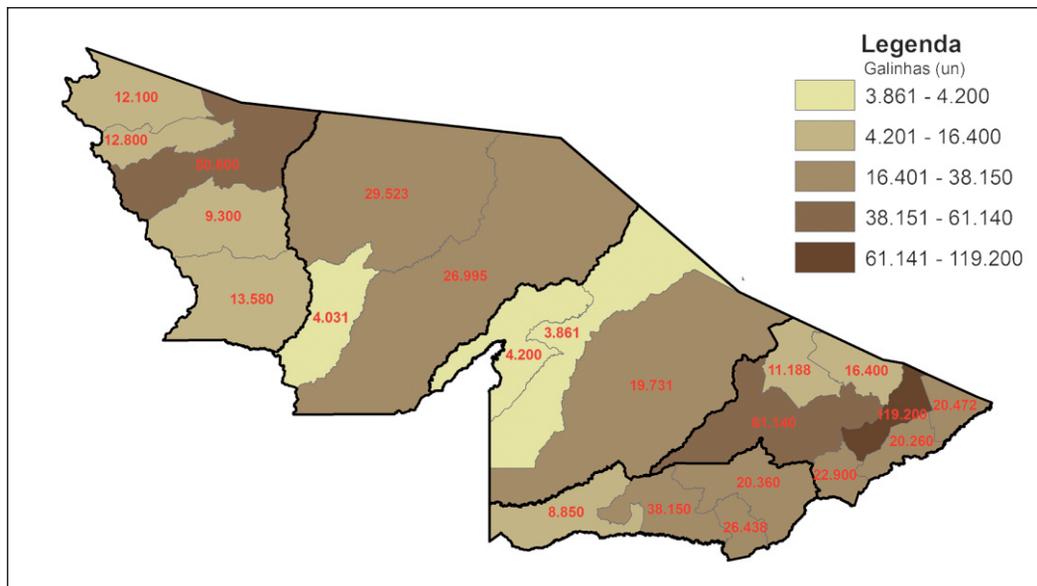


Figura 26. Rebanho municipal de aves do Estado do Acre em 2012.

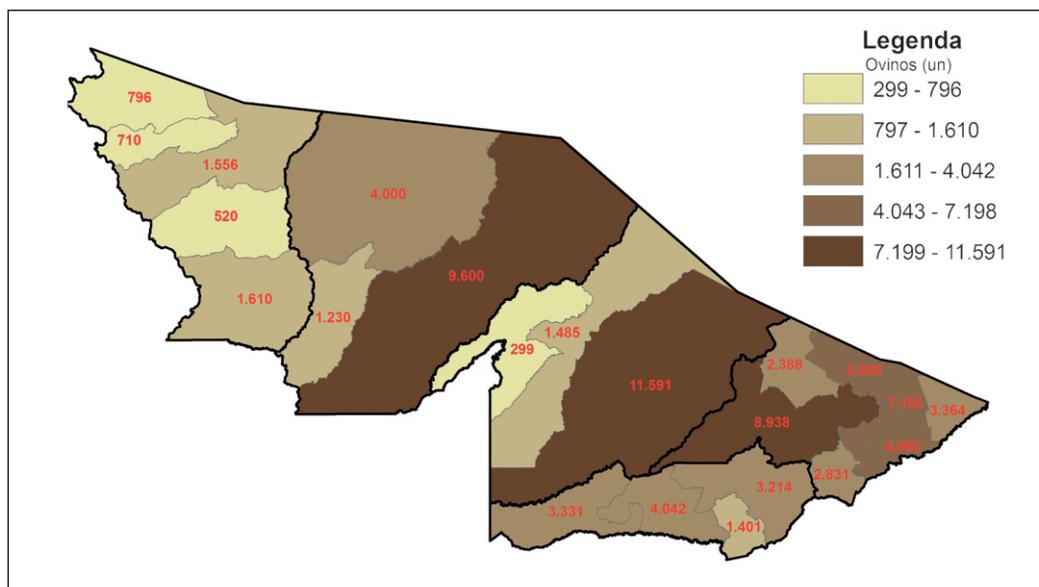


Figura 27. Rebanho municipal ovino do Estado do Acre em 2010.

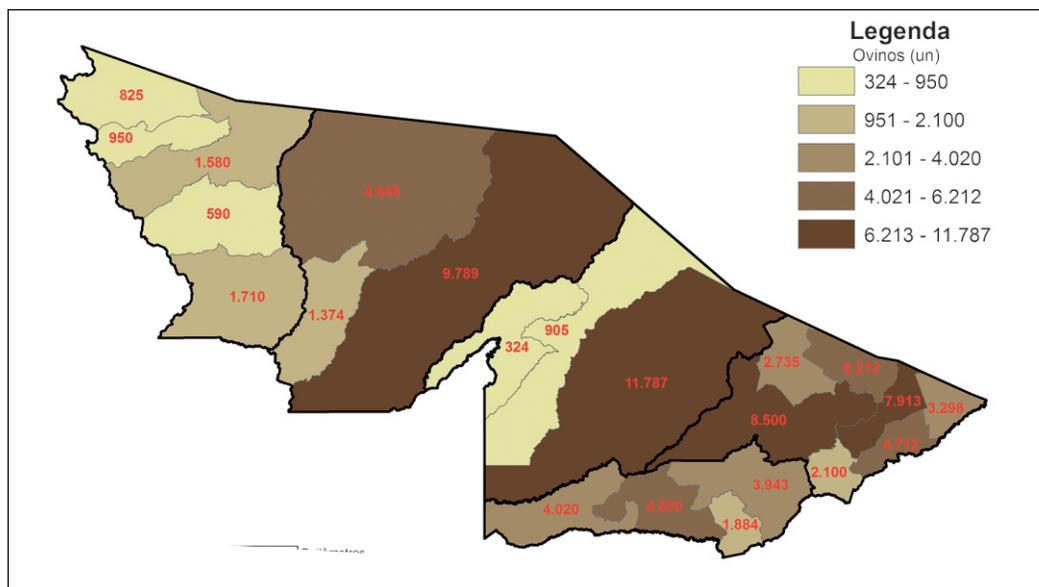


Figura 28. Rebanho municipal ovino do Estado do Acre em 2012.

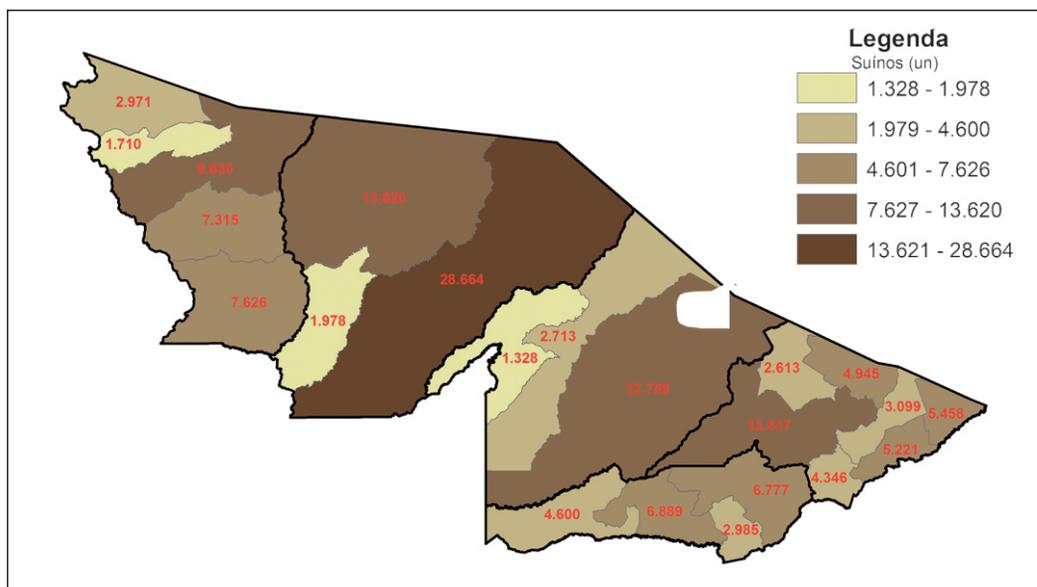


Figura 29. Rebanho municipal suíno do Estado do Acre em 2010.

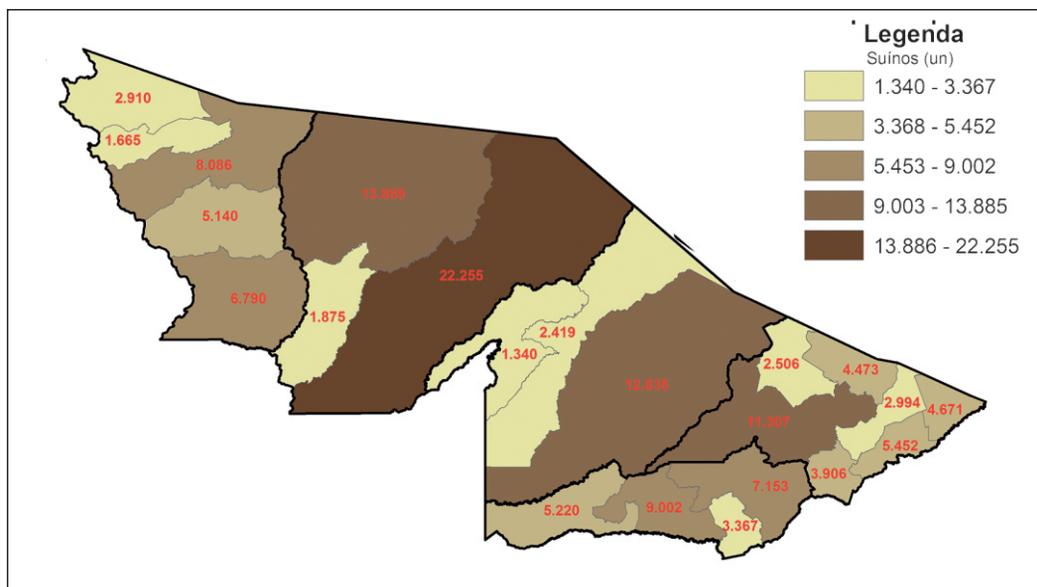


Figura 30. Rebanho municipal suíno do Estado do Acre em 2012.

A emissão total (fermentação entérica + dejetos) de CH₄ pela pecuária acriana foi de 138,5 Gg em 2010 e de 142,6 Gg em 2012. A fermentação entérica contribuiu com 96% do total dessas emissões em ambos os anos (Figura 31). A variação entre os anos considerados é de 3%.

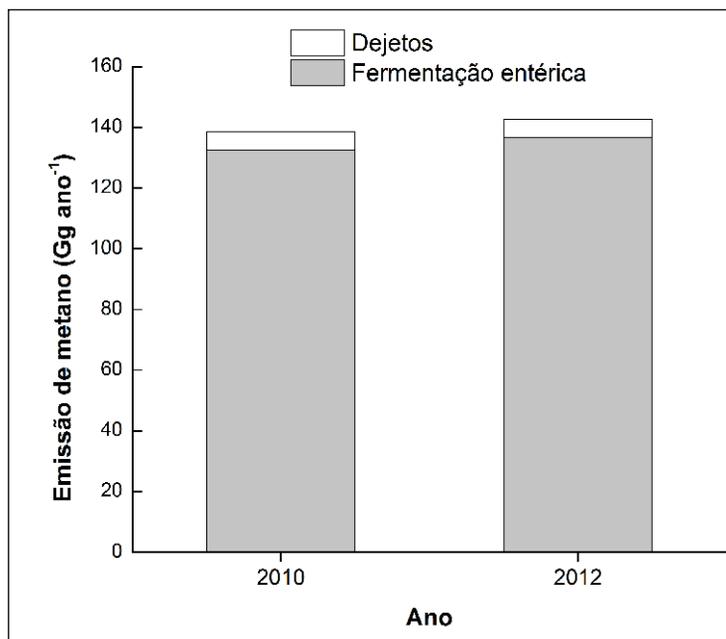


Figura 31. Emissão de metano da pecuária bovina acriana (fermentação entérica e manejo de dejetos) nos anos de 2010 e 2012.

A emissão de metano pela pecuária bovina acriana (fermentação entérica e manejo de dejetos) apresentada no inventário ano-base 2010 foi recalculada com base nos percentuais descritos nos parágrafos 7 e 8 do item 3.4 (Agropecuária – foco para a pecuária bovina estadual) deste inventário. O valor recalculado (Figura 31) é 19% menor do que o apresentado no inventário ano-base 2010 (de 164 para 138 Gg de metano). Entretanto, foi inferior às incertezas consideradas naquele inventário, que foram de 25% a 45%, considerando-se que os métodos adotados para cálculos deste inventário eram semelhantes aos adotados em Brasil (2010).

3.5. Tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos

As emissões de CH_4 pela disposição final de resíduos sólidos urbanos nos 22 municípios do Acre em 2010 e o acréscimo estimado em 2012, organizados por regional de desenvolvimento, são apresentados na Figura 30. As emissões totais de CH_4 do Estado do Acre em 2012 cresceram 6,04% em relação a 2010 (Figura 32).

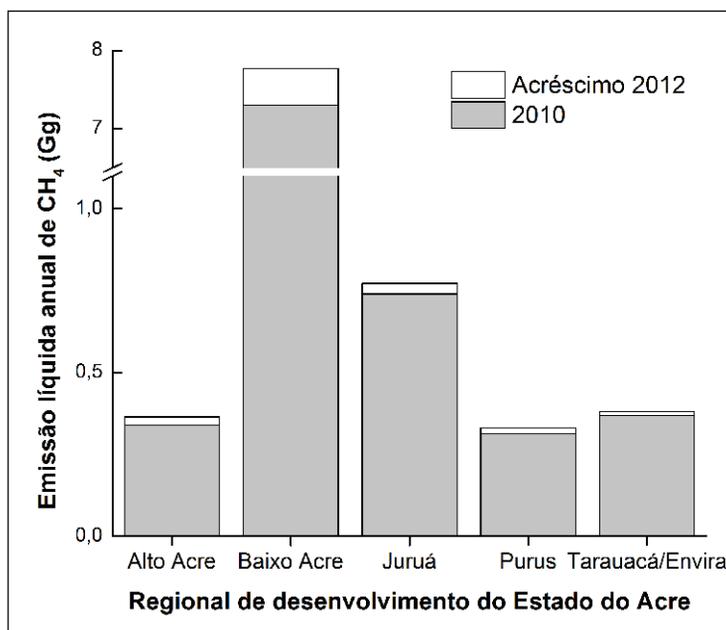


Figura 32. Emissão líquida anual de CH_4 a partir de resíduos sólidos nos anos de 2010 e 2012 (acréscimo).

Fonte: ACRE. Secretaria Estadual de Meio Ambiente (2012), Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2010), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012).

A regional Baixo Acre, na qual está localizado o Município de Rio Branco, capital do estado, foi responsável por 81% das emissões líquidas de CH_4 em 2012, totalizando 7,76 Gg de CH_4 (Figura 33).

É importante destacar que 95,45% dos municípios acrianos ainda realizam a disposição de resíduos sólidos em lixões (Figura 34).

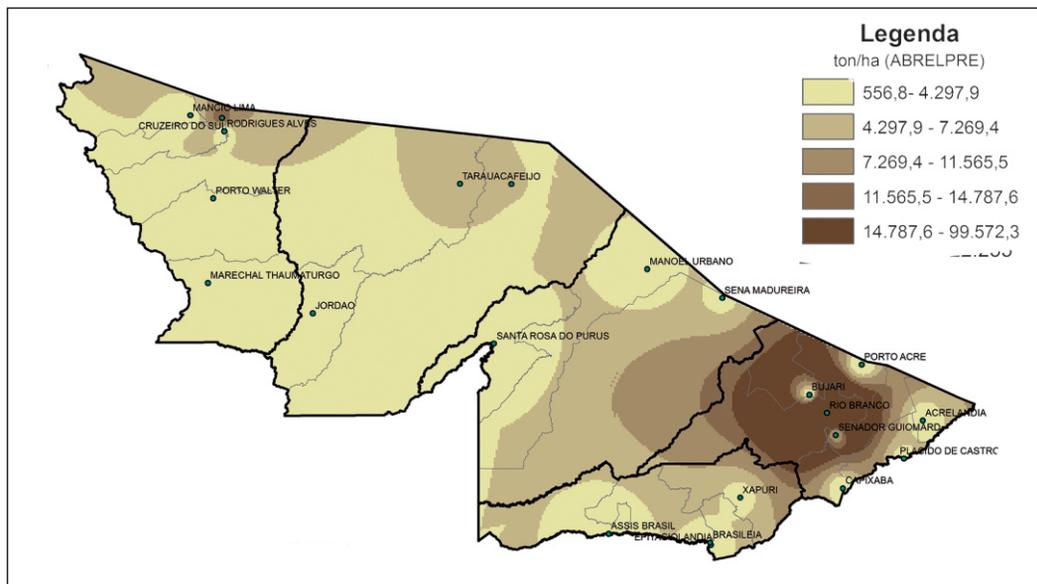


Figura 33. Estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos no Estado do Acre com base na metodologia de cálculo da Abrelpe.

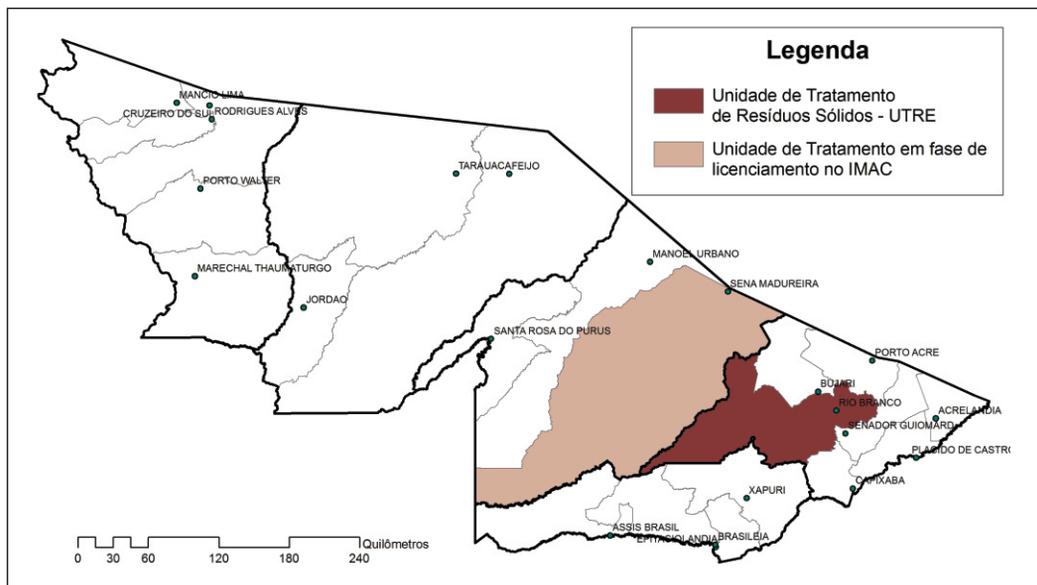


Figura 34. Localização das atuais disposições finais (lixões e 1 aterro sanitário) e áreas com processo de licenciamento ambiental ativo no Estado do Acre.

Fonte: Acre (2014).

Atualmente Sena Madureira e Rio Branco são os únicos municípios que possuem processos de licenciamento ambiental ativos no Instituto de Meio Ambiente do Acre para a instalação e operação de aterros sanitários. Também é importante destacar que o gerenciamento diário dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas dos municípios acrianos, com exceção da capital, não sofreu mudança em relação a 2010, o que ainda impossibilita o conhecimento da quantidade de resíduos sólidos diários gerados no estado. A quantidade efetivamente gerada por unidade habitacional, comercial, industrial e de saúde não é conhecida.

4. Incertezas das estimativas

Assim como nas Comunicações do Brasil à Convenção, as estimativas de emissões antrópicas e remoções de GEE, apresentadas neste inventário, têm incertezas devido a diversas causas, desde a imprecisão de dados básicos utilizados até o conhecimento incompleto dos processos que originam as emissões ou remoções de GEE (BRASIL, 2004, 2010). Conforme o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2000), a incerteza das estimativas não pode ser totalmente eliminada e seu objetivo principal deve ser a produção de estimativas acuradas, ou seja, que não sejam subestimadas ou superestimadas, buscando, ao mesmo tempo e na medida do possível, aumentar a sua precisão.

Dessa forma, também neste inventário foram seguidas essas recomendações, e para a geração das estimativas apresentadas buscou-se assegurar que não mantivessem desvios ou tendências tanto para subestimativas quanto superestimativas, ou seja, sem viés. Como a organização atual dos bancos de dados das instituições detentoras da maioria das informações necessárias para as estimativas não atende os requisitos básicos para a elaboração de inventário conforme Brasil (2004, 2010), esse objetivo não pode ser alcançado integralmente.

À semelhança das Comunicações do Brasil à Convenção, a precisão das estimativas do Estado do Acre variou dependendo das características de cada setor e, principalmente, dos dados disponíveis em termos de quantidade e qualidade. Dessa forma, os setores mais relevantes em termos de emissões de GEE foram priorizados.

A incerteza do inventário é função da incerteza associada a cada um dos dados de atividade e dos fatores de emissão, bem como a outros parâmetros utilizados nas estimativas. A quantificação da incerteza de cada dado é uma informação tão ou mais difícil de avaliar quanto à própria informação desejada (BRASIL, 2004, 2010).

A análise geral para as fontes de incertezas deste inventário indica que esforço significativo deverá ser realizado no futuro por especialistas de áreas específicas e da utilização de valores *default* do IPCC para os setores aos quais não foi possível fazer uma análise detalhada neste inventário, o que exigirá esforço considerável de análise da acurácia e precisão das informações básicas a serem utilizadas.

Recomendações Setoriais **2**

*Eufran Ferreira do Amaral
Júlio Cesar Pinho Mattos
Judson Ferreira Valentim
Falberni de Souza Costa*

A síntese das recomendações do Inventário de Gases de Efeito Estufa do Acre foi estruturada a partir das dificuldades e oportunidades levantadas durante a sua elaboração e tem como objetivo sistematizar esses temas de acordo com sua relevância para os tomadores de decisão, órgãos de ensino e pesquisa e a sociedade em geral.

1. Método e periodicidade do inventário

Para permitir comparação com outros governos subnacionais e a integração com o Inventário Nacional a metodologia a ser adotada sempre deverá ser aquela definida pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima – UNFCCC. Este inventário, de ano-base 2012, consolida a periodicidade de sua publicação a cada dois anos, que deve ser mantida, pelo menos, nos próximos 10 anos.

2. Lacunas de informação do inventário

No Estado do Acre há dificuldade na obtenção de séries históricas longas com densidades adequadas de informação espacializada de temperatura, precipitação e cotas fluviométricas, uma vez que há baixa densidade da rede de estações meteorológicas e descontinuidade na manutenção dessas estações. Isso torna estratégico o aumento da densidade de estações meteorológicas no Estado do Acre associado à integração das informações sobre qualidade de ar já existentes e monitoradas pela Universidade Federal do Acre (Ufac).

A partir da intensificação da rede de estações e do detalhamento da base de conhecimento do uso da terra em alta resolução será possível estruturar um sistema de monitoramento comunitário participativo, que envolva comunidades isoladas e territórios indígenas, sendo essas informações a base para o conhecimento do estado atual do uso e dos efeitos das mudanças globais na escala local.

É relevante a inserção de temas voltados às relações antrópicas com o ambiente (mudanças climáticas x pobreza), gestão de riscos, mitigação e adaptação no contexto local, regional e global nos ciclos básicos e avançados do sistema educacional estadual.

2.1. Informações setoriais

a) Energia

Há necessidade de estratificar a informação por tipo de uso final de energia, para permitir as análises subsetoriais relevantes.

Para avaliar o efeito da intensidade de alteração da temperatura, é necessário realizar avaliações das relações de aquecimento global com consumo de refrigeradores e de energia, contrastando-as com dados econômicos espacializados numa base territorial urbana, naqueles municípios onde essas informações estiverem disponíveis.

Na área rural, deve-se integrar o consumo com a base de dados georreferenciada do Programa Luz para Todos do Ministério de Minas e Energia, para permitir uma visão da cobertura atual e da demanda futura por fontes alternativas de energia.

b) Transporte

Há necessidade de desagregar o consumo de combustível do Estado do Acre por município e por setor, inserindo também o consumo de combustível pelo transporte fluvial, que poderia ser feito por projeto de pesquisa com tema e método que incluía estimativas e coletas de campo.

c) Agropecuária

Para o setor de Agropecuária, há necessidade de se modelar as alterações futuras na produtividade em cada zona do ZEE de acordo com os 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 na estimativa 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 deste 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 não é conhecido ainda.

Outra variável a ser considerada em edições futuras do inventário é o quantitativo de máquinas agrícolas e suas respectivas emissões no Estado do Acre. A diferença entre a área mecanizada para plantios ou semeaduras e a área efetivamente utilizada para esses fins também é uma informação relevante.

d) Uso da terra e florestas

Os resultados apresentados têm como base grande diversidade de fontes, o que torna complexa a mensuração das incertezas envolvidas. Entretanto, a aplicação a campo de métodos usando tecnologias recentes como o laser aerotransportado e imagens de alta resolução, associadas a resultados de parcelas destrutivas, 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, acrescida do uso de geotecnologias, pode também reduzir as incertezas nas estimativas.

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 desses usos da terra considerando-se que as informações oficiais (IBGE, Idaf, etc.) 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 uma situação de meses (julho-agosto) da estação seca da Amazônia, quando essas imagens podem ser geradas por satélites com menor influência de interferências de nuvens, independente da tecnologia utilizada (tipo de sensor) para tanto nesses satélites.

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 (PAM) 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 estudo foi de 30.482 ha, resultando em 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 a parte de 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.

e) Resíduos sólidos urbanos

Faz-se necessária a implementação do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (Pegirs) com a implantação ou substituição de lixões por aterros sanitários.

Da mesma forma, é indicado o aprofundamento nos dados da fração de carbono orgânico degradável (COD) presente nos resíduos sólidos urbanos e sua comparação com os resultados de estudos de 2012 de composições gravimétricas de municípios do Acre.

É fundamental a conclusão dos estudos da composição gravimétrica nas regionais de desenvolvimento do Estado do Acre para a próxima versão do inventário.

Finalmente, deve-se realizar o levantamento dos dados relativos à taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos, após a implantação dos projetos de aterros sanitários de pequeno, médio e grande porte. A implantação de balanças nos aterros possibilitará, ainda, a redução do grau de incerteza dos cálculos apresentados.

3. Lacunas de infraestrutura – redes instrumentais de monitoramento da qualidade ambiental – matrizes sólida, líquida e gasosa

A ausência ou fase inicial de monitoramento de aspectos biofísicos relacionados ao desenvolvimento do Estado do Acre indica o seguinte:

- É necessária a consolidação da rede de estações meteorológicas do Acre, com início de estudos com estações móveis.
- São necessários avanços em estratégias de monitoramento do uso da terra, com a estruturação de uma base de pontos com verdades de campo.
- É importante a implementação da rede estadual de monitoramento da qualidade de água, conforme Plano Estadual de Recursos Hídricos.
- Também é necessária a implantação de uma estação de monitoramento da qualidade do ar urbano em tempo real, como recomendada no PCPV, considerando-se o crescimento da frota de veículos acriana (ACRE, 2011b).

Referências

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. 44 p.

ACRE. Governo do Estado. **Desmatamento no Acre – 1988–2013**: base de dados geográfica. Rio Branco:Ucegeo, 2014.

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, 2013.

ACRE. Governo do Estado. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II**: documento síntese (Escala 1:250.000). 2. ed. Rio Branco: Sema, 2010. 356 p.

ACRE. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Plano de controle da poluição veicular no Estado do Acre**. Rio Branco: [s.n.], 2011b. 62 p.

ACRE. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Plano estadual de gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio Branco: [s.n.], 2012. 95 p.

ACRE. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Departamento de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. **Notas técnicas**. Rio Branco: [s.n.], 2014.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. A. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no Bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2010**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2011>. Acesso em: 30 ago. 2011.

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 da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF: MCTI: Seped: CGMC, 2013. 80 p.

BRASIL. Ministério da 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>. Acesso em: 10 maio 2012.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests**: a primer. Rome: FAO, 1997.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo**. 2. ed. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/geesp/file/docs/inventario_sp/Primeiro_Inventario_GEE_WEB_Segunda-Edicao.pdf>. Acesso em: 10 maio 2012.

COSTA, F. de S.; AMARAL, E. F. do; BUTZKE, A. G.; NASCIMENTO, S. da S. (Ed.). **Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do Estado do Acre**: ano-base 2010. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012. 144 p.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ACRE. **Estatística**: frota do Estado. Disponível em: <http://www.detran.ac.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=59>. Acesso em: 10 mar. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; RIBAS, L. A. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 11, p. 1722-1731, June 2011.

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.

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.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Projeto Prodes. **Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol1.pdf>> Acesso em: 2 mar. 2011.

KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia and global change**. [S.l.: s.n.], 2009. 565 p. (Geophysical monograph, 186).

MALHI, Y.; ARAGÃO, L. E.; METCALFE, D. B.; PAIVA, R.; QUESADA, C. A.; ALMEIDA, S.; ANDERSON, L.; BRANDO, P.; CHAMBERS, J. Q.; COSTA, A. L. C. da; HUTYRA, L. R.; PATIÑO, S.; PYLE, E. H.; ROBERTSON, A. L.; TEIXEIRA, L. M. Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. **Global Change Biology**, New Jersey, v. 15, n. 5, p. 1255-1274, 10 May 2009.

MELO, A. W. F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo do Acre**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PALM, C.; WOOMER, P.; ALEGRE, J.; ARÉVALO, L.; CASTILLA, C.; CORDEIRO, D. G.; FEIGL, B.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J.; MENDES, A. **Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humid tropics**. Nairobi: ASB, 2000. 39 p. (Climate Change Working Group Final Report, Phase II). Disponível em: <http://www.asb.cgiar.org/ourresources?tid=All&biblio_year=&title=Carbon+Sequestration+and+Trace+Gas+Emissions+in+Slash-and-burn+and+Alternative+Land+Uses+in+the+Humid+Tropics>. Acesso em: 16 jan. 2014.

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.

SALIMON, C. I.; BROWN, I. F. Secondary forests in western Amazonia: significant sinks for carbon released from deforestation? **Interciência**, Caracas, v. 25, n. 4, p. 198-202, 2000.

SALIMON, C. I.; PUTZ, F. E.; MENEZES-FILHO, L.; ANDERSON, A.; SILVEIRA, M.; BROWN, I. F.; OLIVEIRA, L. C. de. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 262, n. 3, p. 555-560, Aug. 2011.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 29-38, jan./jul. 2007.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; ALVES, S. S. Decrease in carbon stocks in an oxisol due to land use in cover in southwestern Amazon. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 57-65, 2009.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.; TIGNOR, M. M. B.; MILLER, JR., H. L.; CHEN, Z. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, U. K.: IPCC, 2007. 996 p.

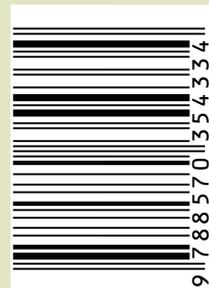
STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M. M. B.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA, 1535 p.



Instituto de Mudanças Climáticas
e Regulação de Serviços Ambientais



ISBN



9 788570 135433

CGPE 11592



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

