

# CONTRIBUIÇÕES DO SETOR AGROPECUÁRIO PARA AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL, 2010-2014<sup>1</sup>

Silene Maria de Freitas<sup>2</sup>  
Rejane Cecilia Ramos<sup>3</sup>  
Katia Nachiluk<sup>4</sup>  
André Fagundes<sup>5</sup>  
Rosana Oliveira Pithan e Silva<sup>6</sup>  
Priscilla Rocha Silva Fagundes<sup>7</sup>  
Maximiliano Miura<sup>8</sup>  
Carlos Roberto Ferreira Bueno<sup>9</sup>

## 1 - INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização e o aumento da densidade demográfica, as atividades humanas realizadas para alavancar as atividades econômicas, principalmente a queima de carvão e de derivados de petróleo, e em menor proporção (seja para a expansão das cidades ou da fronteira agrícola), o cultivo do solo para produção de alimentos e para a criação de animais, têm aumentado a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), provocando o aquecimento do planeta.

Esse efeito tem alterado os regimes de chuva e de vento, os quais, por sua vez, respondem por elevações dos níveis dos mares, de chuva ácida e de doenças respiratórias. Assim, as interferências antrópicas sobre a natureza são nefastas para o próprio Homem pois trazem como consequências o avanço do mar em cidades costeiras, a redução da fertilidade do solo, o deslocamento de áreas de cultivo alimentares, o que gera baixa produtividade agropecuária em alguns locais, e alterações na sazonalidade nos preços dos alimentos e de matérias-primas.

Segundo Pinto (2008), o aumento das temperaturas em decorrência do aquecimento global pode provocar perdas nas safras de grãos de R\$7,4 bilhões já em 2020 (número que pode subir para R\$14 bilhões em 2070), e alterar profundamente a geografia da produção agrícola no Brasil. Assim, áreas que, atualmente, são as maiores produtoras de grãos podem não estar mais aptas ao plantio bem antes do final do século. Segundo os autores, a mandioca, por exemplo, pode desaparecer do semiárido, e o café terá poucas condições de sobrevivência no Sudeste. Por outro lado, a região Sul, que hoje é mais restrita às culturas adaptadas ao clima subtropical por causa do alto risco de geadas, deve experimentar uma redução desse evento extremo, tornando-se assim propícia ao cultivo de mandioca, de café e de cana-de-açúcar.

Considerando-se que a demanda por alimentos poderá aumentar até 2,0% a.a. nas próximas décadas, devido à expectativa de crescimento populacional e melhoria nas condições econômicas de diversos países (GUEDES PINTO, 2015), essas alterações na paisagem agrícola, bem como a redução na produtividade de algumas

---

<sup>1</sup>Registrado no CCTC, IE-34/2016.

<sup>2</sup>Socióloga, Mestre, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: silene@iea.sp.gov.br).

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: rejane@iea.sp.gov.br).

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: katia@iea.sp.gov.br).

<sup>5</sup>Publicitário (e-mail: andre.fagundes@uol.com.br).

<sup>6</sup>Socióloga, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: rpithan@iea.sp.gov.br).

<sup>7</sup>Engenheira Agrônoma, Mestre, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: priscilla@iea.sp.gov.br).

<sup>8</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: miuramax@iea.sp.gov.br).

<sup>9</sup>Veterinário, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: crfbueno@iea.sp.gov.br).

culturas, são questões que põem em cheque a segurança alimentar, pois:

- a) Refletem-se na elevação nos preços de alimentos básicos e matérias-primas;
- b) Aumentam a probabilidade de queda de rentabilidade de alguns agricultores; e
- c) Ensejam uma série de reajustes no nível de organização dos agentes envolvidos na cadeia de valor de produtos alimentares e agroindustriais, bem como na logística de distribuição dos alimentos.

Roxo (2015) destaca que há diversos modelos<sup>10</sup> que projetam um cenário para 2050 em que a população mundial excederá 9 bilhões de pessoas, e que para atender a esse crescimento a produção de alimentos precisará expandir 70,0%. Mais adiante, esse autor cita uma entrevista com José Roberto Mendonça de Barros, para o qual

a oferta e demanda de alimentos está concentrada em apenas cinco países, Estados Unidos, Rússia, China, Índia e Brasil, sendo que, nesse grupo, o Brasil tem mais possibilidades de elevar sua produção como resposta ao aumento da demanda local e, especialmente, internacional.

Assim, o governo brasileiro, durante a 15ª Conferência das Partes da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas (COP-15), assumiu o compromisso voluntário de reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9%, tendo por base o ano de 2005. Esta promessa foi validada no artigo nº 12 da Lei nº 12.187/2009 (BRASIL, 2009) que instituiu a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), a qual estabeleceu a implantação de Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando à Consolidação de uma Economia de Baixo Consumo de Carbono. Pouco depois, o Decreto 7.390/2010 (BRASIL, 2010) regulamentou a PNMC e instituiu, dentre outros, o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixo Carbono na Agricultura, conhecido como Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Naquela ocasião, estimou-se que, num cenário de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do

Brasil em nível de 5,0%, as emissões do setor agropecuário seriam de 729,7 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. (22,5% do total das emissões) em 2020 (BRASIL, 2010). Assim, à agropecuária caberia a responsabilidade de mitigar um volume entre 144 e 163 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. por meio de uma série de tecnologias sustentáveis que permitissem ao país fomentar a produção agrícola e manter seu papel de destaque no comércio internacional e, simultaneamente, reduzir as emissões de poluentes nocivos ao meio ambiente, principalmente os GEE. É dessa temática que trata o Plano ABC.

Segundo MAPA (2012), dentre as tecnologias poupadoras de emissão de poluentes, sobretudo GEE, o Plano ABC inclui tecnologias voltadas à extensão de áreas, tais como: plantio direto, reflorestamento e expansão do sistema Integração lavoura-pecuária e floresta (ILPF) e outras destinadas à melhoria da qualidade do solo, como a recuperação de pastagens degradadas, a fixação biológica do nitrogênio (em substituição à aplicação de adubação nitrogenada) e o tratamento de dejetos animais (em detrimento de sua exposição no solo).

Com exceção do tratamento de dejetos<sup>11</sup>, que é mensurado em metros cúbicos de efluentes, o Plano ABC atribui um tamanho de área específico a cada uma das tecnologias poupadoras de GEE de modo que a expansão e/ou implementação delas mitiguem até 162,9 milhões de CO<sub>2</sub>eq (MAPA, 2012).

Ocorre que, desde a implantação do Plano ABC, em 2010, o crescimento do PIB do Brasil não tem correspondido ao utilizado nos cenários de projeção. Isso, além de interferir nas estimativas das metas (montante a ser mitigado), dificulta o planejamento da distribuição dos recursos públicos dentre as diversas linhas de fomento que envolvem a agropecuária brasileira, seja desde as de produção até as de PD&I de técnicas e práticas de mitigação de GEE. O desenvolvimento, a divulgação e a adoção de tais técnicas tornam-se prementes para readequar as metas nacionais às estabelecidas no Acordo Climático de Paris, no qual

<sup>10</sup>Ver: INICIATIVE on food, fuel, fiber and forests. **The Forest Dialogue**, New Haven, 6 p., 2011 (Scoping Paper).

<sup>11</sup>O alcance das metas do Plano ABC para a tecnologia tratamento de dejetos se dá pela expansão do volume de biogás processado, volume de metano utilizado na geração de energia, energia elétrica gerada a partir do uso de biogás e por toneladas produzidas de composto orgânico (MAPA, 2012).

o Brasil comprometeu-se a reduzir, de maneira absoluta, 43,0% do nível das emissões computadas em 2005 até 2030.

Mas, isso não pode ser feito de uma maneira uniforme porque a agropecuária brasileira é marcada por uma grande diversidade e heterogeneidade de produtores rurais, produtos e sistemas de produção, bem como em tamanho de propriedade, escala de produção, intensidade de uso da terra, produtividade, grau de conservação ou degradação dos recursos naturais e geração de renda e emprego (GUEDES PINTO, 2015). Além disso, nos diferentes cenários socioeconômicos e edafoclimáticos em que a agropecuária brasileira se desenvolve, os agricultores têm acessos desiguais à tecnologia, aos mercados de insumos e produtos e, sobretudo aos recursos creditícios, seja devido à Economia do país, seja às políticas públicas locais. Tais divergências implicam diferentes sistemas de produção o que, conseqüentemente, repercute em volumes desiguais de gases de efeito estufa emitidos.

Assim, considerando que, dentre as medidas e instrumentos ambientalmente eficazes para mitigar a mudança do clima no setor agropecuário, o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) destaca os investimentos públicos de PD&I em tecnologias com baixas emissões de carbono e os incentivos financeiros, dentre outros, observar as emissões de gases de efeito estufa nas diferentes atividades agropecuárias permite priorizar as tecnologias de baixa emissão de carbono que devam ser fomentadas nos Planos Estaduais de Mitigação e Adaptação de GEE, bem como auxiliam a redistribuição dos recursos públicos em programas e ações de extensão rural.

## 2 - OBJETIVO

Traçar um panorama das emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário brasileiro, por regiões geográficas, visando subsidiar aos Planos Estaduais de Mitigação dos GEE na alocação de recursos e priorização de incentivos à adoção de tecnologias poupadoras desses poluentes.

## 3 - METODOLOGIA

Este trabalho utiliza as estimativas do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2016), cuja metodologia fundamenta-se nos inventários da “Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (MCTI, 2010), a qual segue os métodos do Painel Intergovernmental de Mudanças do Clima de 1996 e 2000 (IPCC, 2006) e, portanto, as estimativas de emissões de GEEs abrangem os cinco setores definidos pelas diretrizes dessa Instituição para a elaboração dos inventários nacionais (energia, processos industriais, resíduos, mudança de uso do solo e agropecuária).

Especificamente, para o setor agropecuário, foco deste trabalho, foram considerados os fatores de emissão de GEE do 2º Inventário Brasileiro ou Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTI, 2010), para os seguintes processos agropecuários: fermentação entérica, cultivo de arroz irrigado por inundação do solo<sup>12</sup>, queima de resíduos agrícolas e manejos de dejetos animais e do solo agrícola.

Na agropecuária são emitidos, principalmente, três gases de gases de efeito estufa: carbônico ou dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O primeiro decorre, principalmente, do desmatamento e queima de biomassa para expansão de cultivos ou de pastagens, mas também, do preparo excessivo do solo, emissões por veículos agrícolas, etc. A liberação do metano deriva, sobretudo, da fermentação entérica de ruminantes e decomposição da matéria orgânica, enquanto o óxido nitroso tem como principal fonte emissora o manejo dos solos. Ele tem sua origem, principalmente, nos processos biológicos no solo (nitrificação e desnitrificação), sendo que sua produção é favorecida diante da disponibilidade das formas minerais de nitrogênio (N) que se apresentam no solo por meio da opção antrópicas de técnicas manejo, ou seja, pela adição de fertilizantes sintéticos ou orgânicos, ou mesmo pela deposição de resíduos agrícolas e/ou excretas de animais.

<sup>12</sup>Inclui os regimes contínuo, intermitente e de várzea.

São diferentes GEE que procedem das atividades agropecuárias e cada um deles tem um potencial de aquecimento global (GWP). Assim, para facilitar análises comparativas, as emissões passam a ser computadas em equivalente gás carbônico (CO<sub>2</sub>eq) a saber: uma tonelada de metano (CH<sub>4</sub>) corresponde a 21 toneladas de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq); assim como 310 de N<sub>2</sub>O equiparam-se a 1 de CO<sub>2</sub>eq.

Todos os dados aqui apresentados referem-se às emissões brutas de GEE em CO<sub>2</sub>eq, ou seja, não consideram a quantidade de carbono fixada pelo crescimento da vegetação. O SEEG aloca as estimativas de emissões de GEE por unidades da Federação e do Distrito Federal. Tais estimativas foram agregadas, por região geográfica do Brasil no período 2010-2014, ou seja, do início do Plano ABC até as estimativas atuais.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2014, a liberação de GEE por parte da agropecuária brasileira foi de 423,1 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq (27,2% das emissões totais do país), configurando esse setor econômico em terceiro lugar no *ranking* nacional (atrás do setor de mudanças no uso do solo e de energia, respectivamente).

No período 2010-2014, embora, em termos agregados, as emissões brasileiras de GEE tenham decrescido 2,5%, devido principalmente ao maior controle do desmatamento da Amazônia, o setor agropecuário aumentou a participação nas emissões em 4,1%, como resultado implícito do cenário e da paisagem que se estabeleceu no país.

##### 4.1 - Região Norte

Com um território de aproximadamente 3,8 milhões de km<sup>2</sup>, a região Norte incorpora a maior parte do bioma Amazônia (4,1 milhões de km<sup>2</sup>) a qual estende-se, ainda, por partes dos Estados do Maranhão e de Mato Grosso (IBGE, 2006).

Em decorrência de estímulos econômicos e políticos para o desenvolvimento regional, até recentemente, a economia da região baseava-

se no extrativismo (vegetal, animal e mineral) e na agropecuária. Sendo assim, o SEEG (2016) registra que a principal fonte de emissão de GEE na região Norte ainda é a mudança do uso do solo (68,6%), seguida pelo setor agropecuário (20,7%).

Em 2014, a agropecuária nortista emitiu 70.773,9 milhões de CO<sub>2</sub>eq, dos quais 68,9% provieram da fermentação entérica de ruminantes e 27,9%, do manejo do solo agrícola (Tabela 1).

A fermentação entérica é um processo natural resultante da digestão dos animais ruminantes (bovinos, ovinos caprinos, equinos etc.) que varia em razão do porte, sexo e espécie do animal. Em 2014, a região Norte concentrou 66,5% do rebanho nacional de bubalinos e 21,6% do de bovinos, tendo o Pará como principal emissor deste GEE (IBGE, 2015).

Segundo a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisa do Pará (FAPESPA, 2015), no período 2004 a 2013, o efetivo bovino paraense cresceu acima da média nacional: enquanto o rebanho brasileiro obteve variação de 8,3%, o Pará apresentou crescimento de 43,3%. A Fundação acredita que este desempenho decorra, sobretudo, do processo de intensificação tecnológica pelo qual vem passando a pecuária paraense, o qual está consubstanciado na introdução de novos sistemas de produção (pastejo rotacionado e integração lavoura-pecuária-floresta), no melhoramento de pastagens, na melhoria genética e sanitária do rebanho, etc. A FAPESPA realça, ainda que a partir do projeto TerraClass, o crescimento da pecuária vem sendo efetivado mediante o confinamento tecnológico do sistema de produção, permitindo o aumento da capacidade de suporte (quantidade de unidade animal/ha) e a conseqüente redução da área destinada a pastagens, que sofreu o declínio de 6,5% no período 2008-2012 (FAPESPA, 2015).

O confinamento facilita a forma com que os dejetos são coletados e armazenados (manejo dos dejetos animais) e possibilita a prática de tecnologias mitigadoras de GEE como a compostagem ou a biodigestão anaeróbica dos dejetos, por meio da qual pode-se produzir biofertilizantes, bem como biogás para geração de eletricidade<sup>13</sup>.

Cabe notar que tanto a compostagem como os biofertilizantes (aplicação de resíduos orgânicos no solo) são fontes de emissão de N<sub>2</sub>O e

<sup>13</sup>A esse respeito ver Freitas e Castanho Filho (2013) e Bley Júnior et al. (2009).

TABELA 1- Emissões de GEE pela Agropecuária, Região Norte, Brasil, 2010-2014  
(em milhão de t CO<sub>2</sub>eq)

Processos agropecuários	2010	2011	2012	2013	2014	Part. %	Var. %
Fermentação entérica animal	44.854,9	46.072,0	46.582,4	47.499,0	48.738,5	68,9	8,7
Manejo de dejetos animais	1.558,8	1.593,5	1.600,7	1.618,5	1.720,1	2,4	10,4
Cultivo do arroz irrigado por inundação	494,6	440,7	378,1	484,4	517,7	0,7	4,7
Queima de resíduos agrícolas	23,5	40,7	37,9	42,8	51,8	0,1	120,1
Gestão do solo agrícola	17.798,7	18.350,3	18.604,2	18.964,3	19.745,8	27,9	10,9
<b>Total</b>	<b>64.730,5</b>	<b>66.497,3</b>	<b>67.203,2</b>	<b>68.609,0</b>	<b>70.773,9</b>	<b>100,0</b>	<b>9,3</b>

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SEEG (2016).

impactam o ar e o solo, seja pela volatilização da ureia, seja por lixiviação (CANTARELLA, 2007; COSTA; SILVA, 2012).

Estão em estudo a intensidade que com que as diferentes formas de fertilização podem impactar o meio ambiente, uma vez que esses efeitos são muito específicos e peculiares à combinação e/ou associação de várias variáveis, tais como: tipos de solo, plantas e regiões de cultivo, etc.

As emissões de GEE procedentes do manejo dos dejetos animais cresceram 10,4%, no período 2010-2014, o que nos leva à ilação de que tais dejetos estejam sendo utilizados para adubação orgânica, já que a liberação de gases procedentes da aplicação desses resíduos no solo também apresentou crescimento (11,0%) (Tabela 1).

Segundo a FAPESPA (2015), a modernização tecnológica da pecuária paraense contribuiu para conter o avanço sobre áreas de florestas primárias e promover a liberação de áreas para a agricultura. Tais contribuições podem ter se estendido por toda a região Norte, pois verifica-se: a) declínio das emissões de GEE provenientes do desmatamento (INPE, 2015); e b) aumento das emissões de GEE provenientes da queima de resíduos (120,1%) (Tabela 1).

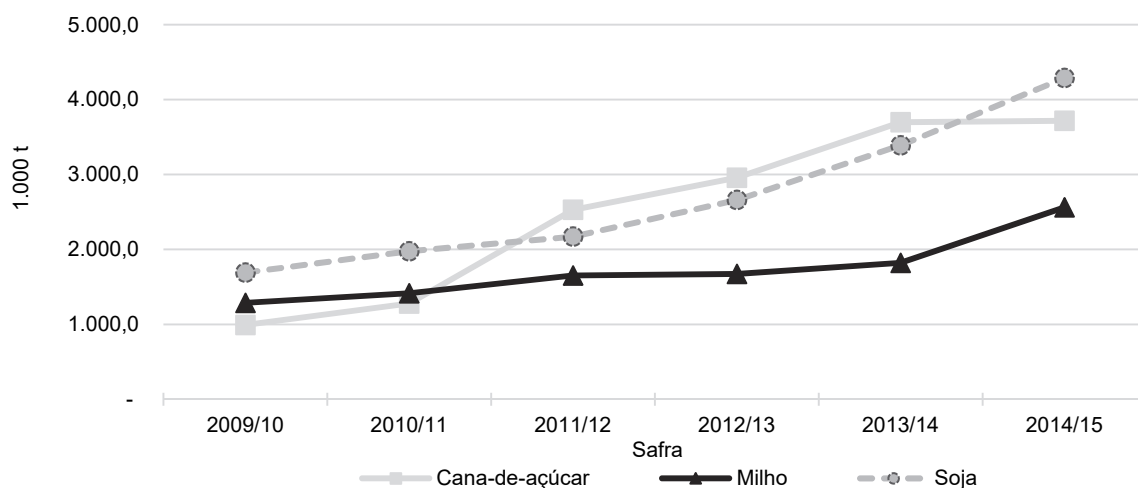
O aumento da produção regional de cana-de-açúcar nas safras 2009/10- 2014/15 foi de 274,9% (CONAB, 2016), o que justifica o crescimento das emissões de GEE oriundas da queima de resíduos, que decorreu fundamentalmente de um processo tradicional, ainda utilizado na colheita da cana-de-açúcar de algumas regiões: a queima da palhada para facilitar o corte da planta. A cana-de-açúcar responde também por parte do crescimento das emissões de GEE provenientes da apli-

cação de fertilizantes nitrogenados, pois segundo a Associação Nacional da Difusão de Adubos (ANDA, 2015), essa cultura, assim como o milho e a soja, requer grande quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) para se desenvolver, o que contribui para o aumento das emissões provenientes de técnicas utilizadas na gestão da fertilidade do solo agrícola (10,9%).

Também as produções de soja e milho, no Norte, expandiram, respectivamente, 99,0% e 153,6%, nas safras 2009/2010-2014/2015 (Figura 1), o que contribuiu duplamente para o aumento das emissões de GEE oriundas do manejo do solo, uma, devido ao uso de fertilizantes sintéticos, e outra, pelo aumento relativo de 38,6% na liberação de GEE decorrentes da deposição de resíduos agrícolas no solo (SEEG, 2016), pois, ambas as culturas deixam seus resíduos orgânicos de pós-colheita na superfície do solo para a posterior adoção do Sistema Plantio Direto de outros cultivos. Essa técnica favorece o meio ambiente (sequestra o carbono e aumenta os teores de nutrientes no solo), mas não impede totalmente a liberação de GEE, uma vez que, além da liberação de metano decorrente da exposição de matéria orgânica no solo, existe pequena emissão de CO<sub>2</sub> nas linhas de plantio onde ocorre revolvimento do solo.

#### 4.2 - Região Nordeste

A região Nordeste ocupa 1.532.838 km<sup>2</sup> de área, o que corresponde a 18,0% do território nacional (IBGE, 2016). É composta por nove Estados (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) dispersos em quatro sub-regiões com características



**Figura 1** - Desempenho da Produção Nortista de Cana-de-açúcar, Milho e Soja, Brasil, Safras 2009/10 a 2014/15. Fonte: CONAB (2016).

edafoclimáticas bastante distintas: a) Zona da Mata (Atlântica), onde as chuvas são abundantes; b) Polígono das Secas (sertão), com clima semi-árido e constantes períodos de estiagem (bioma caatinga); c) Agreste: uma faixa de transição entre o Sertão e a Zona da Mata; e Meio-Norte (Mata dos Cocais), com forte variação pluviométrica (entre 2.000 e 700 mm a.a).

Segundo Lopes (2014), com exceções do Ceará, totalmente sediado no sertão, do Maranhão e do Piauí (que integram a Região atualmente denominada como MATOPIBA)<sup>14</sup> e estão localizados no Meio Norte, todos os demais estados do Nordeste, inclusive Bahia, se dispersam em duas ou mais sub-regiões acima citadas.

Devido a essa heterogeneidade de clima e relevo, a região Nordeste caracteriza-se por uma agropecuária bastante diversificada.

Entre as atividades agrícolas mais significativas destacam-se os tradicionais cultivos de cana-de-açúcar, cacau e algodão. Nas últimas décadas, por meio de irrigação, foi possível desenvolver uma fruticultura moderna e diversificada (caju, uvas finas, manga, melão, acerola, entre outras) voltada, principalmente, aos mercados de exportação, colocando o Nordeste como segundo polo vitivinicultor do país.

A Região do MATOPIBA abriga 337 municípios e ocupa cerca de 73 milhões de hectares,

dos quais 62,0% estão em território nordestino (LOPES, 2014). Para o mesmo autor, MATOPIBA é uma área complexa, de transição entre os biomas Cerrado e Semiárido e há diversidade em termos de ocupação e cobertura da terra, composta pela agricultura empresarial, áreas de preservação, agricultura familiar, quilombolas e indígenas. Segundo Landau, Guimarães e Sousa (2014), a região vem sendo considerada como uma importante fronteira agrícola no país, apresentando potencial produtivo crescente nas últimas safras, principalmente de soja, milho, algodão e feijão.

No que concerne à pecuária, em 2014, o Nordeste concentrava 91,6% e 57,5% da população brasileira de ovinos e caprinos, respectivamente, e 14,0% da bovinocultura (IBGE, 2016). A pecuária tem grande importância para a sobrevivência do produtor rural do semiárido brasileiro, que vive na dependência da criação bovina, caprina e ovina, pois ela provê elementos essenciais à economia, tais como: tração animal, transporte, esterco como fertilizante e combustível, alimento, fibras, couro, poupança e renda, pela venda de animais e produtos.

Em 2015, o valor bruto da produção agropecuária nordestina foi de R\$47,9 bilhões (cerca de 10,0% do total do Brasil) dos quais 26,0% tiveram origem na pecuária e 74,0%, na agricultura (GASQUES, 2016).

<sup>14</sup>Em 2015, o território MATOPIBA, localizado na porção central do bioma Cerrado, foi oficialmente regulamentado pelo governo brasileiro, sendo composto por 38% das áreas pertencentes ao Estado do Tocantins e partes de três Estados nordestinos: Maranhão (33%), Piauí (11%) e Bahia (18%).

Paradoxalmente, quando se verificam as emissões de GEE da região, a pecuária assume maior expressão: em 2014, o setor agropecuário nordestino emitiu 59,4 milhões de CO<sub>2</sub>eq (14,0% das emissões da agropecuária brasileira), dos quais 75,5% foram provenientes da pecuária e o restante, da agricultura.

Naquele ano, das emissões nordestinas, 58,0% decorreram da fermentação entérica animal, 3,3% ao manejo de dejetos animais e 37,1% das técnicas de gestão do solo (Tabela 2).

Apesar da pequena expressão da bovinocultura nordestina no cenário nacional, em termos regionais ela corresponde a 55% da atividade pecuária da região (IBGE, 2016).

A exploração pecuária no Nordeste tem nas questões pluviométricas a causa de prejuízos, tanto na perda de animais por estiagens prolongadas como na falta de pastagens que leva à baixa produtividade de carne por área.

Ocupando, atualmente, a quarta posição na produção de grãos do Brasil, a região do MATOPIBA já é responsável por aproximadamente 10,0% da produção de soja e 15,0% da produção nacional de milho, e sua localização é privilegiada em termos da proximidade da infraestrutura para escoamento da produção (ESQUERDO et al., 2015).

Barbosa e Martins (2014) apresentam em seu trabalho um gráfico discriminando as principais variáveis (área e produção) que resultaram no crescimento da soja nos principais estados produtores. Embora os autores não comentem no texto deles, o gráfico apresentado, ora reproduzido na figura 2, evidencia que, com exceção da Bahia, o crescimento da soja se deu em função do aumento de área em detrimento da produtividade em todos os estados que compõem este território, o

que remete à ideia de desmatamento do Cerrado (Figura 2).

Segundo Gibbs et al. (2015) e Brandão Junior (2015), nos dois anos antes da moratória da soja na Amazônia, cerca de 30,0% da área plantada era de novos desmatamentos, enquanto que essa proporção caiu para 1,0% sete anos após o início do acordo. No Cerrado, onde a moratória da soja inexistia, a expansão dessa oleaginosa baseada em novos desmatamentos ficou entre 11,0% e 23,0% do total plantado por ano entre 2007 e 2013.

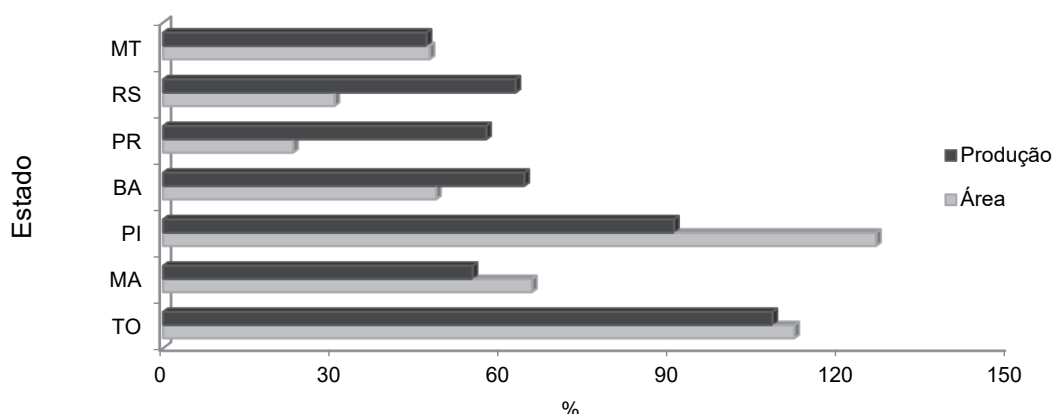
Avanços tecnológicos obtidos pela agricultura brasileira, tais como: novos cultivares adaptados às condições edafoclimáticas do bioma Cerrado, mecanização e automação dos processos de produção de grãos, intensificação do uso da terra com desenvolvimento de sistemas que permitiram o plantio direto, prática de mais de um ciclo anual de produção por área, entre outros, fizeram com que a região do MATOPIBA se tornasse um dos locais preferidos para expansão do agronegócio (ESQUERDO et al., 2015). No entanto, a expansão do cultivo de grãos, em detrimento da preservação do Cerrado, fez com que, no período 2010-2014, as emissões de GEE aumentassem 14,0% no tocante à deposição dos resíduos dessas culturas (palhada) no solo (para realização do Sistema Plantio Direto) e em 20,2% devido ao uso de fertilizantes sintéticos (SEEG, 2016).

Segundo Lopes (2014), no MATOPIBA, o custo da terra ainda é relativamente baixo, mas o ambiente apresenta limitações que tornam obrigatórios altos investimentos em tecnologia. Além da fertilidade do solo ser baixa, as temperaturas são elevadas, mesmo à noite, e há muitas áreas degradadas.

TABELA 2 - Emissões de GEE pela Agropecuária do Nordeste, Brasil, 2010-2014  
(em milhão de t CO<sub>2</sub>eq)

Processo agropecuário	2010	2011	2012	2013	2014	Part. %	Var. %
Fermentação entérica animal	33.982,3	34.880,5	33.159,9	33.979,1	34.453,0	58,0	1,4
Manejo de dejetos animais	1.846,4	1.861,8	1.790,7	1.824,5	1.969,0	3,3	6,6
Cultivo do arroz irrigado por inundação	297,8	228,5	180,5	189,7	151,2	0,3	-49,2
Queima de resíduos agrícolas	763,7	830,2	756,3	757,1	769,6	1,3	0,8
Gestão do solo agrícola	21.413,1	22.058,7	20.968,0	21.082,0	22.070,8	37,1	3,1
<b>Total</b>	<b>58.303,3</b>	<b>59.859,7</b>	<b>56.855,4</b>	<b>57.832,4</b>	<b>59.413,6</b>	<b>100,0</b>	<b>1,9</b>

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SEEG (2016).



**Figura 2** - Variação Percentual da Área Colhida e da Produção de Soja, Principais Estados Produtores, Brasil, 2009 a 2014. Fonte: Barbosa e Martins (2014).

### 4.3 - Região Centro-Oeste

A região Centro-Oeste é composta pelos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal, distribuídos em 1.606.415,20 km<sup>2</sup> e situados no segundo maior bioma brasileiro: o Cerrado (IBGE, 2006).

Os solos do Cerrado do Centro-Oeste foram considerados, até os anos 1970, impróprios à agricultura. De fato, é mínima a proporção de Latossolo Roxo e de Terra Roxa Estruturada: pouco mais de 5,0% do total. A pesquisa científica, entretanto, tornou os Latossolos - que no Centro-Oeste ocupam 90 milhões de hectares - a área mais propícia para as culturas de grãos no Brasil (MAROUELLI, 2003). Mas, já durante os anos 1970, em meio à euforia do chamado “milagre econômico”, a adoção de um novo padrão tecnológico na Revolução Agrícola significava a abertura de um extenso mercado de máquinas, implementos, sementes e insumos agroquímicos. A estratégia agrícola foi expressa no Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (NOVAES PINTO, 1993).

Igreja, Packer e Rocha (1988), analisando os efeitos escala e alocação na expansão da soja para Goiás, constataram que, naquela época, o avanço da cultura se deu sobretudo pelo deslocamento de outras culturas, minimizando a importância atribuída à incorporação de terras ao processo produtivo como fator explicativo do crescimento da produção. Segundo os autores, no período 1969-85, a produção de soja no Estado de Goiás apresentou um crescimento de 31,05% a.a. para o qual ocorreram ganhos acentuados de pro-

ductividade, da ordem de 2,5% a.a. Desde lá, a produção de soja e milho vem crescendo a cada ano e os ganhos de produtividade encontram-se acima da média nacional (CONAB, 2016). No início deste século, a região Centro-Oeste tornou-se hegemônica na produção de soja e, desde a safra 2011/12, conquistou essa posição na cultura do milho.

Junto com os problemas sociais gerados pela modernização agrícola brasileira (concentração de grandes extensões de áreas) e o estímulo a monocultivos voltados ao mercado externo, evidenciam-se os problemas ambientais decorrentes, em grande parte, da intensiva mecanização e do uso excessivo de agroquímicos. Em 2014, a agropecuária da região contribuiu com 29,1% das emissões brasileiras do setor, liberando 123 milhões de t O<sub>2</sub>eq, dos quais 61,0% provêm da fermentação entérica de bovinos e 34,9% decorrem das tecnologias de manejo do solo (Tabela 3).

A região Centro-Oeste se caracteriza por ter grandes propriedades de pecuária extensiva de bovinos de corte sendo que o destaque são os Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, que, juntos, abrigam 34,0% do rebanho nacional (IBGE, 2016).

Dentre essas técnicas agropecuárias utilizadas no solo, destacam-se a queima da palha da cana-de-açúcar (resíduos agrícolas) e o manejo do solo, que cresceram, respectivamente, 36,0% e de 13,1%, no período 2010-2014 (Tabela 3).

Quanto à gestão do solo, as técnicas que mais contribuíram para as emissões foram os fertilizantes nitrogenados (66,9%), a deposição dos resíduos de grãos no solo (51,6%) e a lixiviação (12,3%) (SEEG, 2016).



TABELA 3 - Emissão de GEE pela Agropecuária, Região Centro-Oeste, Brasil, 2010-2014  
(em milhão de t CO<sub>2</sub>eq)

Processo agropecuário	2010	2011	2012	2013	2014	Part. %	Var.%
Fermentação entérica animal	76.570,9	76.718,9	76.380,3	75.034,0	75.161,4	61,0	-1,8
Manejo de dejetos animais	3.253,9	3.332,3	3.236,4	3.235,2	3.327,2	2,7	2,3
Cultivo do arroz irrigado por inundação	221,0	259,4	191,2	184,6	195,9	0,2	-11,3
Queima de resíduos agrícolas	1.106,1	1.179,5	1.285,9	1.492,8	1.504,1	1,2	36,0
Gestão do solo agrícola	38.000,4	39.915,2	41.191,5	41.829,9	42.977,2	34,9	13,1
Total	119.152,2	121.405,2	122.285,3	121.776,5	123.165,7	100,0	3,4

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SEEG (2016).

#### 4.4 - Região Sul

A região Sul do Brasil ocupa uma área de 576.774,31 km<sup>2</sup>, dividida em três Unidades Federativas: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (IBGE). Em 2014, a emissão dos GEE pela agropecuária da região Sul foi de 86,3 milhões de CO<sub>2</sub>eq, o que corresponde a 20,4% das emissões nacionais, conforme estimativa elaborada a partir dos dados do SEEG (2016).

Segundo Gasques (2016), em 2014, os principais produtos agropecuários de Santa Catarina foram as carnes de frango e suína, cujos valores da produção atingiram R\$8,3 bilhões e R\$3,5 bilhões, respectivamente. O leite é o terceiro produto em importância (R\$2,9 bilhões). No Rio Grande do Sul, o valor da produção da carne de frango e do leite foram, respectivamente, R\$6,2 bilhões e R\$4,2 bilhões, mas o principal produto agropecuário é a soja, que contribuiu com 27,7% do valor da produção agropecuária do estado (R\$53,4 bilhões). No Paraná, a soja é a principal cultura, com valor de R\$16,7 bilhões, seguida da carne de frango (R\$13,9 bilhões) e do milho (R\$6,8 bilhões).

Devido a essas atividades, com base nos cálculos efetuados sobre as estimativas do SEEG (2016), verifica-se que a fermentação entérica e o manejo do solo agrícola são as principais fontes de emissões de gases de efeito estufa da região, respondendo por 42,0% e 39,2%, respectivamente (Tabela 4).

Com deslocamento de parte da pecuária para as regiões Centro-Oeste e Norte, áreas de pastagens da região Sul foram ocupadas por culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, soja e milho. Se, de um lado, essa alteração na paisagem responde, em parte, pela taxa de crescimento nega-

tiva das emissões de GEE provenientes da fermentação entérica (-1,2%), em decorrência do decréscimo no número de animais da região, por outro, motivou o aumento de 9,2% das liberações provenientes do manejo do solo agrícola (Tabela 4), cujas contribuições relativas referem-se à aplicação de fertilizantes sintéticos e da deposição de resíduos da pós-colheita de produtos agrícolas que tiveram acréscimos respectivos de 31,6% e 9,2%, no período 2010-2014 (Tabela 4).

Outra importante atividade agrícola da região e que responde por 10,5% das emissões de GEE é o cultivo do arroz irrigado por inundação, o qual representa, segundo a CONAB (2016), 80,0% da produção nacional.

Conforme Pinto, Laus Neto e Pauletto (2004), cerca de 20,0% da área total do Rio Grande do Sul e de 7,0% da área de Santa Catarina correspondem a solos de várzea e, por essa razão, o cultivo de arroz irrigado por inundação é tradicional nesses Estados.

Segundo a EMBRAPA (2015), em 2000, 86,0% da área brasileira de arroz, em sistema irrigado por inundação, concentrava-se na região Sul, sendo que 75,0% dessa área correspondia ao Rio Grande do Sul. Este cenário manteve-se até 2010. Os dados disponíveis para o Rio Grande do Sul indicam uma evolução do sistema de cultivo mínimo/preparo antecipado que, no início da década de 1990, estava presente em áreas pouco superiores a 100 mil hectares e, na safra 2009/2010, aumentou para, aproximadamente, 700 mil hectares. No mesmo período, a área preparada no sistema convencional decresceu de aproximadamente 650 mil hectares para menos de 260 mil hectares (Figura 3).

O reflexo dessa mudança no sistema de produção do Rio Grande do Sul implicou redução

TABELA 4 - Volume de GEE Emitido pela Agropecuária, Região Sul, Brasil, 2010-2014  
(em milhão de t CO<sub>2</sub>eq)

Processo agropecuário	2010	2011	2012	2013	2014	Part. %	Var.%
Fermentação e entérica animal	36,7	36,9	36,5	36,5	36,3	42,0	-1,2
Manejo de dejetos animais	6,3	6,4	6,3	6,4	6,7	7,7	6,1
Cultivo do arroz	8,5	9,4	8,5	8,8	9,0	10,5	6,4
Queima de resíduos agrícolas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	-1,5
Gestão do solo agrícola	31,0	32,2	31,1	33,7	33,8	39,2	9,2
<b>Total</b>	<b>83,0</b>	<b>85,4</b>	<b>82,9</b>	<b>86,0</b>	<b>86,3</b>	<b>100,0</b>	<b>4,0</b>

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SEEG (2016).

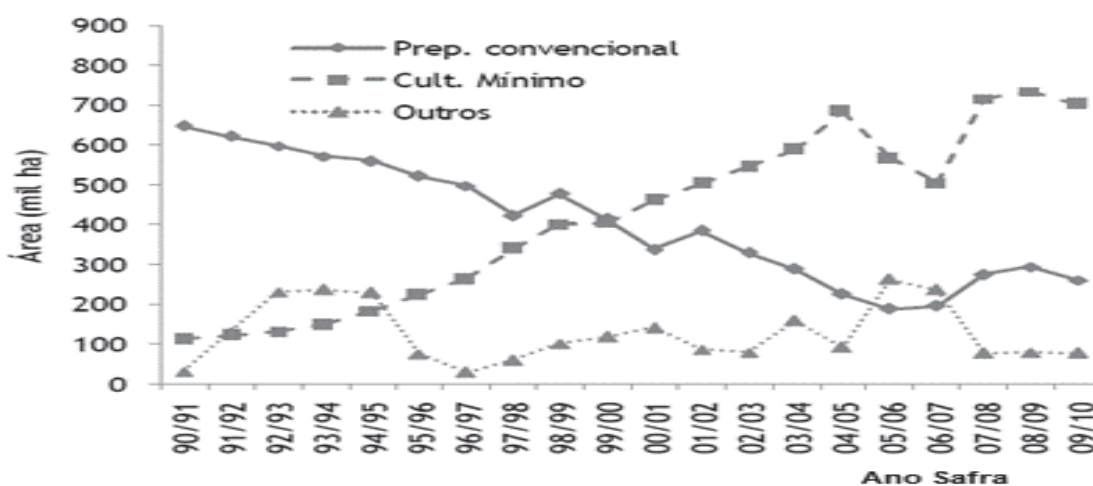


Figura 3 - Evolução dos Sistemas de Preparo do Solo Adotados no Cultivo de Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul, Safras 1990/91-2009/10.

Fonte: Elaborada por EMBRAPA (2015) a partir dos dados de IRGA (2014).

das emissões de metano por unidade de área cultivada com arroz irrigado por inundação. Pois, conforme a EMBRAPA (2015), nas áreas sob preparo convencional (PC), as operações de preparo do solo, incluindo aração, gradagem e aplainamento da superfície do terreno, são realizadas na primavera, imediatamente antes da semeadura do arroz. Dessa forma, os materiais vegetais presentes (a palhada remanescente do cultivo anterior de arroz e a cobertura vegetal desenvolvida durante o período de outono/inverno) são incorporados ao solo com pequena antecedência em relação à semeadura do arroz e, portanto, ao alagamento do solo. O material vegetal incorporado ao solo age, pois, como uma fonte de carbono lábil para a produção de metano durante o período de irrigação do arroz, em que o solo permanece inundado.

Por outro lado, ainda segundo EMBRAPA (2015) nas áreas sobre preparo antecipa-

do (PA), a movimentação e a incorporação de matéria orgânica ao solo é procedida em sucessão à colheita do arroz (outono/inverno). Em decorrência, grande parte da palhada do arroz é decomposta durante o outono/inverno, período em que o solo é mantido sobre condições aeróbicas, de forma que parte significativa do carbono incorporado ao solo é convertida a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Em decorrência, há diminuição do potencial de emissão de CH<sub>4</sub>, uma vez que o alagamento do solo para o próximo cultivo de arroz ocorre, apenas, na primavera.

Segundo Bayer et al. (2013), citado por EMBRAPA (2015), resultados de experimentos realizados ao longo de sete anos em três locais na região Sul do Brasil mostraram que as emissões de metano associadas ao cultivo de arroz são 33,0% menores sob cultivo mínimo do que no sistema convencional.

#### 4.5 - Região Sudeste

A região Sudeste tem uma área de 924.616,97 km<sup>2</sup>, ocupa 10,8% do território brasileiro e é a quarta região em superfície territorial, composta pelos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro (IBGE, 2006).

O Sudeste é a região mais rica do Brasil, altamente urbanizada (90,5% da população vivem em zonas urbanas). Apresenta índices de desenvolvimento humano (IDH) elevados (em torno de 0,805) perdendo apenas para a região Sul. O Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBPA) representa 25,2% do VBPA nacional (GASQUES, 2016).

Destacam-se, na produção agropecuária regional, a cana-de-açúcar, a laranja e a bovinocultura de corte e de leite (IBGE, 2016).

Com relação à cana-de-açúcar, na safra 2015/16, a produção paulista representou 55,2% da produção nacional, 48,5% da produção de etanol e 63,6% da produção do açúcar do total do país (CONAB, 2016).

A produção de laranja ocorre principalmente no Estado de São Paulo, que responde por, aproximadamente, 80,0% do total nacional, e tem sua maior parte destinada à industrialização e exportação de suco (IEA, 2016).

A pecuária também tem grande destaque na região, sendo o terceiro maior rebanho bovino do país, atrás apenas do Centro-Oeste e do Norte. A produção de ovos e a avicultura de corte representam 48,0% e 19,6%, respectivamente, do valor da produção nacional (GASQUES, 2016).

Esse breve panorama da agropecuária na região Sudeste reflete-se nas emissões de gases de efeito estufa da região, a qual representou 19,7% das liberações brasileiras desse setor, tendo a fermentação entérica (processo digestivo de animais ruminantes) como responsável por 50,9% do total da região, seguida da gestão do solo agrícola com 41,1% (Tabela 5).

No período analisado, a emissão de GEE pela fermentação entérica de bovinos e a deposição de dejetos animais em pastagens mantiveram-se praticamente estáveis (0,8%). Mas, drásticas reduções desses gases decorrem do cultivo do arroz irrigado (56,0%) e da queima de resíduos agrícolas (44,4%), o primeiro devido ao decréscimo da área cultivada e o segundo, em razão de uma alteração tecnológica inserida ao processo produtivo da cana-de-açúcar: a mecanização da colheita.

A Lei Estadual n. 11.241/2002 estabeleceu a erradicação da queima da palha da cana-de-açúcar (etapa que precedia a colheita manual) em áreas mecanizáveis para o ano de 2021 e em áreas não mecanizáveis para 2031 (SÃO PAULO, 2002). Mas, em 2007, foi firmado um acordo voluntário de intenções entre o governo do Estado de São Paulo e entidades representativas do setor (usineiros e fornecedores), chamado "Protocolo Agroambiental da Cana-de-Açúcar", o qual fundamenta-se no cumprimento de exigências de práticas de conservação do solo e da água e em metas de erradicação da queima da palha dessa gramínea (SMA, 2016). Em São Paulo, foi estabelecido no acordo a erradicação total da queima para 2014 em áreas mecanizáveis e para 2017 em áreas não mecanizáveis. Na safra 2015/16 a mecanização da colheita da cana-de-açúcar ocorreu em 91,3% da área cultivada em São Paulo de modo que são esperadas maiores reduções de GEE por parte do setor sucroalcooleiro paulista (SMA, 2016).

Desde o início deste protocolo, deixou-se de emitir autorizações de queima que resultariam na emissão de mais de 8,65 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq e mais de 52 milhões de toneladas de poluentes atmosféricos, tais como, monóxido de carbono, material particulado e hidrocarbonetos, conforme a figura 4 (SMA, 2016).

Apesar de Minas Gerais também ter formalizado um "Protocolo de intenções de eliminação da queima da cana no setor sucroalcooleiro", em 2008, que preconizava o fim da prática até 2014 por meio da mecanização da colheita, no período 2010-2014, houve um acréscimo de 17,3% nas emissões decorrentes da queima desses resíduos em Minas Gerais devido ao aumento de 22,1% na área plantada com cana (CONAB, 2016).

Conforme o SEEG (2016), o manejo do solo responde por 41,1% das emissões de GEE do Sudeste, tendo como principais fontes a deposição dos dejetos da pecuária sobre a pastagem (11,5%) e a lixiviação (13,6%), processo causado pela "lavagem" promovida pelas chuvas e pela infiltração de água no solo, retirando os sais minerais solúveis (sódio, potássio, cálcio etc.) do solo e diminuindo sua fertilidade. No entanto, somente o último apresentou uma taxa de crescimento significativamente alta no período 2010-2014 (9,2%). As emissões de GEE decorrentes do uso de fertilizantes sintéticos aumentaram 22,0%.

TABELA 5 - Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária, Região Sudeste, Brasil, 2010 a 2014  
(em milhão de t CO<sub>2</sub>eq)

Processo agropecuário	2010	2011	2012	2013	2014	Part. %	Var. %
Fermentação entérica animal	42.164,3	43.326,0	43.218,2	43.376,2	42.493,4	50,9	0,8
Manejo de dejetos animais	4.399,5	4.519,8	4.493,8	4.624,4	4.914,0	5,9	11,7
Cultivo do arroz	247,6	231,3	153,5	118,3	109,0	0,1	-56,0
Queima de resíduos agrícolas	2.971,0	2.568,7	2.199,8	1.717,6	1.650,2	2,0	-44,5
Gestão do solo agrícola	31.471,2	33.870,8	33.526,5	34.264,0	34.358,5	41,1	9,2
Total	81.253,7	84.516,6	83.591,8	84.100,6	83.525,1	100,0	10,0

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SEEG (2016).

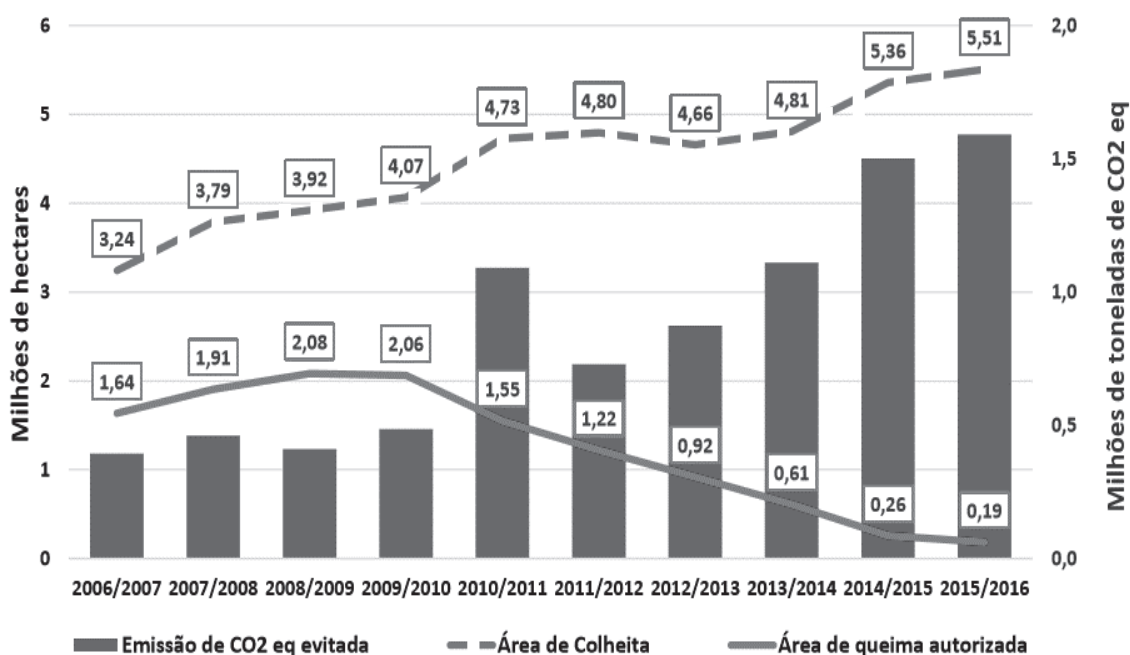


Figura 4 - Evolução da Colheita da Cana e Emissões Evitadas pela Redução da Queima da Palha no Estado de São Paulo, Safras 2006/07 a 2015/16.

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente (2016).

A produção de etanol a partir do processamento da cana-de-açúcar gera um resíduo líquido chamado vinhaça, o qual retorna as lavouras em forma de adubo a ser utilizado no próprio cultivo dessa gramínea, pois além de rica em potássio, a vinhaça traz nitrogênio em sua composição. O crescimento das emissões derivadas da aplicação de resíduos orgânicos no solo do Sudeste (7,5%) no período analisado, decorre, em parte, também pelo uso desse biofertilizante.

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as regiões brasileiras, a Centro-Oeste foi a principal emissora de gases de efeito estufa do setor agropecuário, contribuindo com 29,1% das emissões nacionais, no período 2010-2014. Em segundo lugar ficou a região Sul (20,4%), seguida pela Sudeste (19,7%), pela Norte (16,7%) e pela Nordeste (14,0%).

Em todas as regiões brasileiras, os prin-

cipais processos emissores de GEE foram a fermentação entérica e a gestão do uso do solo agrícola.

A fermentação entérica decorre de um processo natural eminente da digestão de animais ruminantes de modo que a mitigação dessa fonte depende, dentre outros fatores, da alimentação dos animais e da formação da pastagem. No tocante à primeira, destaca-se que ela passa por dois aspectos básicos: uma nutrição complementar e o estado onde se encontra a própria pastagem, onde o animal se alimenta. Ambas as soluções acima colocadas para a mitigação das emissões da fermentação entérica, remetem à gestão do solo agrícola e dependem de ações antrópicas.

A complementação alimentar desses animais depende da produção de grãos, como soja e milho, insumos básicos da cadeia proteica, e que por utilizarem muito fertilizante nitrogenado, têm contribuído para o aumento das emissões de GEE do escopo “manejo do solo agrícola”. Esses insumos poluem o meio ambiente por duas vias: uma direta, devido à aplicação do adubo em si, e outra, indireta, que procede da deposição atmosférica (resultado da hidrólise da ureia) e da lixiviação do solo, pois cerca de 60,0% do nitrogênio presente nos fertilizantes não chega a ser incorporado pelas plantas, ficando livre para escorrer nas zonas de raízes, poluindo aquíferos e áreas costeiras através da eutrofização. Mas algumas tecnologias já existentes, como o sistema de plantio direto (que permite a fixação de 0,5 tonelada de CO<sub>2</sub>/ano) e a rotação de culturas, podem minimizar os impactos negativos ao meio ambiente. Outras, como a fertilização biológica do nitrogênio (FBN), estão em fase de implementação nos cultivos de milho e de feijão, mas sua ampliação depende ainda de mais investimentos na extensão rural e na finalização dos resultados de pesquisas, ora em andamento, da aplicação dessa técnica em gramíneas, com ênfase na cana-de-açúcar.

Com relação à formação de pastagem, salienta-se que a cobertura do solo, além de propiciar uma alimentação melhor aos animais, funciona como sumidouro de carbono compensando as emissões do processo digestivo deles. A escolha da forrageira e seu manejo adequado podem vir a facilitar a digestibilidade do animal e contribuir para a redução do metano. Além disso, depurando-se as informações do SEEG, fica claro que uma das fontes de emissão que mais cresceu entre as re-

giões foi a lixiviação, o que, também pode ser minimizado com a cobertura do solo, pois ele passa a acumular carbono, reduzindo em pelo menos 60,0% a emissão de CO<sub>2</sub>eq., no sistema de produção.

Cabe notar que essa tecnologia agropecuária capaz de combater simultaneamente as emissões procedentes da fermentação entérica e as do manejo do solo agrícola, e segundo o Observatório do Plano ABC (2015), o Brasil tem 52,3 milhões de hectares degradados; o Sudeste concentra o maior número deles (19,0 milhões), seguida do Nordeste (15,9 milhões), Centro-Oeste (12 milhões), Norte (4,7 milhões) e Sul (400 mil). Por outro ângulo, imagens de satélite, utilizadas no projeto Geodegrade, desenvolvido pela EMBRAPA na região do Cerrado visando identificar a ocorrência de pastagens com algum processo de degradação, mostraram que, em um cenário otimista, essas áreas correspondem a cerca de 18,4 milhões de hectares, ou 35,0% do total das pastagens plantadas no Cerrado (RODRIGUES; ROSSO, 2016).

## 6 - CONCLUSÃO

Conforme visto, em todas as regiões geográficas do Brasil, os processos agropecuários que mais contribuem para a emissão de gases de efeito estufa, em CO<sub>2</sub> eq, foram a digestão dos animais ruminantes e o uso, muitas vezes incorreto ou abusivo, de fertilizantes químicos. Assim, considerando-se as tecnologias de baixo carbono preconizadas no Plano ABC, verifica-se que a recuperação de pastagens degradadas é a única que minimiza, simultaneamente, a emissão dos gases.

Portanto, recomenda-se que os estímulos e incentivos financeiros governamentais sejam prioritariamente destinados à recuperação das pastagens degradadas em todas as regiões brasileiras. Salienta-se que, os fomentos governamentais à essa tecnologia, por meio do manejo adequado e adubação, podem ser focados e/ou restritos à localidades municipais sediadas no Cerrado, pois estudos científicos fundamentados no uso de satélites já comprovaram que somente a recuperação de 18 milhões de hectares de pastagem degradada já são suficientes para que o Brasil mitigue 124,8 milhões de Mg CO<sub>2</sub>eq, o que corresponde a 93,2% e 76,6% do potencial de redução de emissão de GEE proposto pelo conjunto das metas do Plano ABC.

**LITERATURA CITADA**

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Setor de fertilizantes**: anuário estatístico 2014. São Paulo: ANDA, 2015. 176 p.

BARBOSA, M. Z.; MARTINS, V. A. Mais soja no Matopiba. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 9, n. 8, p. 1-4, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.iaea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-40-2014.pdf>>. Acesso: 19 ago. 2016.

BAYER, C. et al. Strategies to mitigate methane emissions in lowland rice fields in South Brazil. **Better Crops**, United States of America, Vol. 97, Issue 1, pp. 27-29, 2013.

BLEY JÚNIOR, C. et al. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. Foz do Iguaçu: TechnoPolitik, 2009. 140 p.

BRANDÃO JUNIOR, A. et al. **Análise das emissões de GEE no Brasil (1990-2012)**. Mudanças do uso da terra. Brasil: Observatório do Clima, 2015. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/analise-das-emissoes-brasileiras>>. Acesso em: jun. 2015.

BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez. 2009.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei n. 12.187, de 9 de dezembro de 2010, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 dez. 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 375-470.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Indicadores da Agropecuária. **CONAB**, Brasília, ano 1, n. 1, 110 p., 2016.

COSTA, L. M.; SILVA, M. F. O. **A indústria química e o setor de fertilizantes**. Rio de Janeiro: BNDES, 2012. 60 p. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro60anos\\_perspectivas\\_setoriais/Setorial60anos\\_VOL2Quimica.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro60anos_perspectivas_setoriais/Setorial60anos_VOL2Quimica.pdf)>. Acesso em: 7 fev. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Emissões de metano do cultivo de arroz. In: LA ROVERE, E. L. (Coord.). **Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015.

ESQUERDO, J. C. D. M. et al. Dinâmica da agricultura anual na região do MATOPIBA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4583-4588.

FREITAS, S. M.; CASTANHO FILHO, E. P. Brasil expande a cogeração de energia a partir de resíduos agropecuários. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 8, n. 6, 7 p., jun. 2013.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ - FAPESPA. **Boletim agropecuário do Estado do Pará**, 1. ed. Belém: FAPESPA, jul. 2015. 38 p.

GASQUES, J. G. **Valor bruto da produção de 2015 alcança R\$ 491,6 bilhões**. Brasília: MAPA, 2016.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's soy moratorium. **Science**, Washington, Vol. 347, pp. 377-378, 23 Jan. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/271213939\\_Brazil's\\_Soy\\_Moratorium](https://www.researchgate.net/publication/271213939_Brazil's_Soy_Moratorium)>. Acesso em: 20 Aug. 2015.

GUEDES PINTO, L. F. Agricultura familiar. In: PROCHNOW, M. (Org.). **Diálogos entre setores: integrando espaços e paisagens da produção rural e conservação**. Atlanta: APREMAVI, 2015. p. 58-61.

IGREJA, A. C. M., PACKER, M. F.; ROCHA, M. B. **A evolução da soja no Estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola**. São Paulo: IEA, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?z=t&o=24&i=P>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)**: banco de dados agregados. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?z=t&o=24&i=P>>. Acesso em: 3 jun. 2016.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Cadeias Produtivas**. São Paulo: IEA, 2016. Disponível em: <[http://ci-agri.iea.sp.gov.br/bancoiea\\_teste/cadeia/cadeiaLaranja.aspx](http://ci-agri.iea.sp.gov.br/bancoiea_teste/cadeia/cadeiaLaranja.aspx)>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Projeto Prodes**: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Brasília: INPE/OBT, 2015. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 30 maio 2016.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Setor de política setorial**. Porto Alegre: IRGA, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **Climate change 2013: the physical science basis**. Genebra: IPCC, 2013. 27 p.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUSA, D. L. Caracterização ambiental das áreas de concentração da agricultura irrigada por pivôs centrais na região do MATOPIBA. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2014, Aracaju. **Anais...** Aracaju: GEONORDESTE, 2014, p. 18-21.

LOPES, M. A. Matopiba, a nova ousadia da agricultura brasileira. **Correio Brasiliense**. Brasília, 11 maio 2014. Opinião, p. 15. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028673/1/Matopiba.pdf>>. Acesso em: jan. 2015.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 2003. 64 p. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - Programa de Pós-Graduação do Instituto Superior de Administração e Economia, Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIIICA/RodrigoMarouelli.pdf>>. Acesso em: jun. 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixo carbono na agricultura**: Plano ABC. Brasília: MAPA, 2012. 172 p.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. **Segunda comunicação nacional de Brasil a la convención marco del las naciones unidas sobre el cambio climático**. Brasília: MCTI, 2010. 57 p.

NOVAES PINTO, M. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. 681 p.

OBSERVATÓRIO DO PLANO ABC. Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira: uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023. **Sumário Executivo**, Brasil, ano 2, 31 p., jul. 2015. (Relatório 5).

PINTO, H. S. et al. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa/Unicamp, 2008. 82 p.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 75-95.

RODRIGUES, N.; ROSSO, G. **Aumento na produção de carne pode diminuir emissão de gases de efeito estufa**. Jaguariúna: Embrapa, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9068334/aumento-na-producao-de-carne-pode-diminuir-emissao-de-gases-de-efeito-estufa>>. Acesso em: 9 jan. 2016.

ROXO, C. A. Planejamento integrado do uso do solo, uma necessidade imperiosa. In: PROCHNOW, M. (Org.). **Diálogos entre setores**: integrando espaços e paisagens da produção rural e conservação. Atlanta: APREMAVI, 2015. p. 10-13.

SÃO PAULO (Estado). Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, 20 set. 2002.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - SMA. **Etanol verde**: relatório safra 2015-2016. São Paulo: SMA, 2016. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA - SEEG. **Base de dados**. Brasil: SEEG, 2016. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

### **CONTRIBUIÇÕES DO SETOR AGROPECUÁRIO PARA AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL, 2010-2014**

**RESUMO:** *Diante da preocupação mundial com os riscos à segurança alimentar, que o aquecimento global apresenta, este trabalho objetivou diagnosticar as emissões de GEE advindas do setor agropecuário em todas as regiões brasileiras visando subsidiar os Planos Estaduais de Mitigação dos Gases de Efeito Estufa (GEE) quanto à alocação de recursos financeiros voltados à adoção de tecnologias com baixa emissão de carbono na agricultura. Foi utilizado o Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG), do Observatório do Clima, o qual segue o método do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima de 1996 e 2000 para o período 2010-2014. O Centro-Oeste destaca-se na emissão de GEE do setor agropecuário brasileiro e, em todas as regiões, os principais processos emissores foram a fermentação entérica e o uso de fertilizantes nitrogenados. Concluiu-se que a recuperação das pastagens degradadas deve ser priorizada na alocação dos recursos públicos uma vez que esse processo tecnológico minimiza simultaneamente ambos os segmentos emissores.*

**Palavras-chave:** *agricultura de baixa emissão de carbono, emissão de gases de efeito estufa, políticas públicas.*



**AGRICULTURAL SECTOR'S CONTRIBUTIONS TO GREENHOUSE  
GAS EMISSIONS IN BRAZIL, 2010-2014**

**ABSTRACT:** *Given the global concern about food security-related risks caused by global warming, this study aimed to diagnose greenhouse gas (GHG) emissions arising from agricultural production across Brazil to support the states' plans to reduce them through the allocation of financial resources targeted to the adoption of technologies with low carbon emission in agriculture. The study was based on data from the GHG Emissions Estimate System and the Climate Observatory, which followed the method of the Intergovernmental Panel on Climate Change of 1996 and 2000 (IPCC) for the period 2010-2014. The results showed that Brazil's Midwest stands out in the emission of GHGs in the agricultural sector and, in all regions, the main processes that produce greenhouse gases were the enteric fermentation and soil management (especially with nitrogen-rich fertilizer use). Therefore, the recovery of degraded pastures should be prioritized in the allocation of public resources for the mitigation of greenhouse gases, insofar as this technology combats both major emitting processes simultaneously.*

**Key-words:** *low carbon emission agriculture, greenhouse gases emission, public policy, Brazil.*

---

Recebido em 10/11/2016. Liberado para publicação em 18/04/2017.