

LEVANTAMENTO DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA METODOLOGIA DO CARBONO EQUIVALENTE NA CULTURA DO CAFEIEIRO

Geraldo Gomes de Oliveira Júnior¹, Adriano Bortolotti da Silva², José Ricardo Mantovani³, José Messias Miranda⁴, Ligiane Aparecida Florentino⁵

(Recebido: 13 de outubro 2014 ; aceito: 06 de abril de 2015)

RESUMO: A cultura do cafeeiro é uma das principais atividades do sul de Minas Gerais. Na produção do café ocorrem emissões de gases de efeito estufa (GEE) de diferentes fontes. A realização de um Inventário de Emissões de GEE é fundamental para que uma propriedade cafeeira possa avaliar como as suas atividades impactam o meio ambiente em relação a estas emissões. Objetivou-se, no presente trabalho, identificar, inventariar e quantificar as principais fontes emissoras de GEE na cultura do café, no sul de Minas Gerais, e convertê-las em carbono equivalente (CO_2eq), por hectare. O inventário foi realizado utilizando-se parâmetros do GHG Protocol, Ministério da Ciência e Tecnologia e dados do IPCC. O inventário demonstrou que os principais GEE gerados na cafeicultura corresponderam a 2,13 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$, sendo que o consumo de adubos nitrogenados contribuiu com 1,01 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (47,5%), o calcário com 0,65 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (30,8%), os combustíveis fósseis com 0,35 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (16,9%), o GLP residencial 0,049 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (2,3%) e o consumo de energia elétrica 0,050 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (2,4%).

Termos para indexação: Cafeicultura, dióxido de carbono, emissões GEE.

LIST OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS BY CARBON EQUIVALENT METHODS IN COFFEE 'S CULTURE

ABSTRACT: Coffee culture is one of the main activities of the South of Minas Gerais State. Gases emissions related to greenhouse effect (GHG) in coffee production occur from different sources. Inventory of GHG emissions is essential for a coffee farm to assess how their activities impact the environment in relation to these emissions. The aim of this study was to identify and quantify the major sources GHGs emissions in the coffee culture in the South of Minas Gerais State, and converts them into carbon equivalent per hectare ($\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$). The inventory was carried out using parameters of the GHG Protocol, Ministry of Science and Technology and IPCC data. The inventory showed GHG emissions generated in coffee production to 2.13 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$, whereas nitrogen fertilizers issued 1.01 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (47.5%), lime issued 0.65 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (30.8%), fossil fuels contributed with 0.35 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (16.9%), residential GLP issued 0.049 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (2.3%) and electric power contributed with 0.050 $\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (2.4%).

Index terms: Coffee production; carbon dioxide, GEE emission.

1 INTRODUÇÃO

As lavouras cafeeiras assim como todos os segmentos econômicos são responsáveis por emissões de gases de efeito estufa, em especial o gás carbônico. O aumento rápido da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), decorrente de atividades humanas tem contribuído para a preocupação mundial acerca das mudanças climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2006; TZILIVAKIS et al., 2005).

O agravamento do efeito estufa pode quebrar o equilíbrio energético no planeta e originar um fenômeno complexo chamado de aquecimento global (GOLDEMBERG; GUARDAZASSI, 2012). O IPCC projeta um aumento da

temperatura do planeta entre 1 e 6°C até o ano de 2100 (STRECK; ALBERTO, 2006). Assad et al. (2004) relataram que, considerando o aumento da temperatura em 1° a 5,8°C, o cultivo de café será reduzido para apenas 9 dos 455 municípios produtores de café no Estado de São Paulo, e se essa projeção de elevação de temperatura atingir 3°C o cultivo de café pode ser uma atividade de alto risco, mesmo em áreas irrigadas.

A cafeicultura possui em seus processos de produção, algumas etapas responsáveis por emissões de carbono e seus equivalentes, como emprego de energia elétrica, combustíveis fósseis para as operações agrícolas, uso de fertilizantes nitrogenados e de calcário (BELIZÁRIO, 2013). De acordo com Apps et al. (1999), as emissões de GEE causadas pelo homem estão associadas à mudança no uso da terra e à queima de combustíveis fósseis.

¹Instituto Federal do Sul de Minas - IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho - Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - 37890-000 - Muzambinho - MG - geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br

^{2,3,4,5}Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS - Laboratório de Biotecnologia Vegetal - Rod. MG 179, Km 0 - Campus Universitário - 37.130-000 - Alfenas - MG - adriano.silva@unifenas.br, mantovanijr@yahoo.com, jose.miranda@unifenas.br, ligiane.florentino@unifenas.br

Na agricultura, existem várias etapas que resultam em emissões de GEE, sendo que os três principais GEE diretamente relacionados com a atividade são: dióxido de carbono, o metano e óxido nitroso (DUXBURY, 1994).

Para que a agricultura possa promover ações para a redução das emissões de GEE é fundamental que seja realizado o inventário das referidas emissões, bem como sua origem. Um inventário de emissões deve ser estabelecido como um processo contínuo, que permita identificar, bem como calcular as emissões de gases de efeito estufa, como um produto de uma dada atividade, por um fator de emissão adequado (GHG PROTOCOL, 2013).

Na prática, um inventário de emissões adota metodologias ou protocolos reconhecidos, como é o caso do GHG Protocol, originalmente desenvolvido nos Estados Unidos, em 1998, pelo World Resources Institute (WRI), sendo hoje a metodologia mais usada mundialmente pelas empresas e governos, sendo compatível com as normas da ISO 14.064 e com as metodologias do IPCC. Estas metodologias podem facilitar a gestão corporativa dos GEE, melhorar a qualidade e a consistência de seus dados (GHG PROTOCOL, 2013). No Brasil, alguns trabalhos de GEE na agricultura têm sido realizados (CERRI et al., 2007, 2009), principalmente com o seguimento da agroindústria canavieira (CLAROS GARCIA; VON SPERLING, 2010; FIGUEIREDO; LA SCALA JUNIOR, 2011; GOUVEIA et al., 2009; MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008).

Objetivou-se, no presente estudo, identificar, inventariar e quantificar as principais fontes emissoras de GEE na produção de café e convertê-las em carbono equivalente, por hectare de café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em quatro fazendas produtoras de café (Onça, Alvorada, Nossa Senhora do Rosário e Nova Floresta), pertencentes ao Grupo Fazenda da Onça, apresentando 1828,58 ha, sendo que 462,94 ha são ocupados pela cultura do cafeeiro, plantados no sistema adensado e mecanizado, localizadas nos municípios de Guaranésia, Guaxupé e Monte Santo de Minas, sul de Minas Gerais. O sistema adensado apresenta espaçamento predominante de 1,80 x 0,80m e o mecanizado de 3,80 x 0,60m. A mecanização ocupa 337,11 ha, correspondendo a 73% do total da área, apresentando, aproximadamente, dois milhões de pés de café, sendo que 80% da área é ocupada com lavouras de café com mais de 6 anos de idade e produção de 11.770 sacas de café beneficiadas, no ano de 2012 (Tabela 1).

A região é caracterizada por clima, segundo Koppen, tropical de altitude (Cwa). Os dados pluviométricos indicam que a região possui dois períodos bem característicos, sendo um chuvoso, outubro a março com precipitações bem distribuídas e outro seco, entre os meses de abril e setembro. A precipitação média anual está em torno de 1.500 mm, temperatura média de 18 °C e altitude de 887 metros.

A área produtiva é manejada com as melhores práticas agrônômicas, sendo determinadas desde a adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, manejo de podas e tratos pós-colheita, a partir de recomendações do corpo técnico, de acordo com as necessidades das diferentes lavouras de cada fazenda, sendo conduzidas no manejo convencional, visando alta produtividade.

TABELA 1 - Caracterização das fazendas do Grupo Fazenda da Onça, em relação à área, população de plantas, idade da lavoura, mecanização e produção no ano de 2012.

Fazendas ⁽¹⁾	Local	Área (ha)	Número de plantas	Idade (%)			Área Mecanizada (ha)	Produção (sacas)
				0-3	4-6	>6		
Onça	Guaranésia	163	868.439	6	-	94	63,86	3.606
Alvorada	Guaranésia	58	245.762	10	-	89	45,98	1.025
Rosário	Monte St*	187	650.366	-	13	86	172,81	4.894
Nova**	Guaxupé	55	227.773	48	52	-	54,46	2.175
Total		463	1.992.310	9	11	80	337,11	11.700

*Monte de Santo de Minas; **Floresta. (1) Fazendas manejadas, no sistema de cultivo convencional, de acordo com as recomendações do corpo técnico do Grupo Fazenda da Onça.

Para a realização dos cálculos foi levantado o consumo de energia nas instalações das propriedades em Megawatts (MWh), consumo de combustível para deslocamento e realização das atividades agrícolas em litros (L), consumo de GLP nas residências das propriedades em quilogramas (kg), consumo de lenha para a secagem do café em toneladas (t), consumo de nitrogênio nas adubações do café em quilogramas (kg) e consumo de calcário para correção do solo em quilogramas (kg). Exceto para o consumo de energia elétrica, todos os dados foram coletados em conjunto para as quatro fazendas do Grupo Fazenda da Onça.

Os dados foram coletados no ano de 2012, sendo que a partir destas informações foi realizada a quantificação do carbono equivalente, considerando os GEE: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), utilizando-se como referência para o cálculo os parâmetros do Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG PROTOCOL, 2013), referências do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2012), além de metodologias do IPCC (IPCC, 2006) e metodologia do GHG da Agricultura (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Consumo de energia elétrica

Para estimar as emissões indiretas de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq), do consumo de energia elétrica em cada fazenda, foi verificada a quantidade de energia elétrica gasta em Quilowatt hora (KWh), sendo posteriormente convertida para Megawatt hora (MWh) e calculada a emissão em dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq), multiplicando-se os valores encontrados pelo fator médio de emissão anual de $0,0653 \text{ tCO}_2 \text{ eq/MWh}$ (BRASIL, 2012).

Consumo de combustíveis

Para quantificar as emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O devido ao consumo de combustíveis fósseis, foi realizado o levantamento do volume de combustível (gasolina e óleo diesel), nos veículos, tratores, máquinas e equipamentos, visando à produção do café. Posteriormente, foi determinada a emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O multiplicando-se os valores obtidos pelos parâmetros apresentados na Tabela 1. No Brasil, o diesel comercializado apresenta em sua composição 5% de biodiesel, conforme resolução ANP N° 14, de 11/05/2012 (SANTANA; TININIS, 2013). Da mesma maneira, a gasolina comum comercializada tem

uma mistura de álcool anídrico, conforme portaria MAPA n° 678, de 31/08/2011 (BRASIL, 2011). Em ambos os casos, a mistura visa estimular o consumo de biocombustíveis. No presente estudo, no consumo de diesel e gasolina, levou-se em consideração estes fatores para a elaboração dos cálculos de emissão de GEE e CO_2 eq.

Os fatores de emissão médios de CO_2 , CH_4 e N_2O , para o uso de combustíveis fósseis, utilizados no inventário, têm como objetivo estimar a quantidade de CO_2 eq dos diferentes veículos utilizados para a produção da cafeicultura.

Nas emissões para o consumo de GLP, nas residências dos colaboradores, foi realizada a estimativa do consumo médio por residência, obtendo-se o valor de $16,25 \text{ Kg GLP/Residência/Mês}$, sendo determinada a emissão CO_2 , CH_4 e N_2O multiplicando-se os valores obtidos pelo total de residências ao longo de um ano, obtendo o resultado em toneladas sendo posteriormente multiplicados pelos dados da Tabela 2.

As emissões do consumo de biomassa foram determinadas a partir da quantidade de lenha gasta no processo de secagem de café, em quilogramas (kg) e para obtenção da emissão CO_2 , CH_4 e N_2O multiplicaram-se os valores obtidos em toneladas pelos valores da Tabela 2.

Consumo de fertilizantes nitrogenados e calcário

Para estimar as emissões de N_2O no consumo de adubos nitrogenados, foi determinada a quantidade de nitrogênio, em kg, nos fertilizantes empregados, que foi convertida para kg de $\text{N}_2\text{O-N}$, sendo multiplicado pelo fator de emissão direta de 0,01 e razão 44/28 (IPCC, 2006).

As emissões de CO_2 eq no consumo de calcário foram determinadas a partir da quantidade de calcário (kg), sendo convertido de kg de calcário para kg de carbono, usando o fator 0,12, sendo encontrada a emissão CO_2 equivalente, multiplicando-se os valores obtidos por 3,66 (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Nos parâmetros de Consumo de combustíveis e Consumo de fertilizante nitrogenado e calcário, as emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O , foram transformadas de kg para toneladas, sendo posteriormente, convertidas em CO_2 eq, pelo emprego dos fatores de conversão 1, 25 e 298, respectivamente (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

TABELA 2 - Parâmetros de Referência para o cálculo das emissões de gases efeito estufa (GEE).

Combustível	Fatores de conversão (kg GEE.unidade ⁻¹)			Fonte
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gasolina	2,2690	0,00010	0,000100	GHG Protocol (2012)
Álcool Anidro	1,2330	-	-	GHG Protocol (2012)
Óleo Diesel	-	-	-	-----
-Caminhões Médios	2,6710	0,00030	-	GHG Protocol (2012)
-Ônibus	2,6710	0,00030	-	GHG Protocol (2012)
-Tratores*	2,6810	0,00030	0,000020	GHG Protocol Agricultura (2014)
-Biodiesel	2,4990	-	-	GHG Protocol Agricultura (2014)
GLP	2.932	0,23237	0,004647	GHG Protocol (2012)
Lenha	1.917	5,42609	0,072348	GHG Protocol (2012)

*Tratores, máquinas agrícolas e colheitadeiras.

O conjunto de dados utilizado no presente estudo foi baseado nos insumos empregados nas práticas agrícolas, visando à produção de café nas fazendas do Grupo Fazenda da Onça, sendo realizada a estatística descritiva em que foram contabilizadas as fontes emissoras de GEE, sendo que todos os valores de emissão foram convertidos em carbono equivalente (BRASIL, 2012; GHG PROTOCOL, 2013; GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014; IPCC, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de energia elétrica

As emissões de GEE, geradas pelo consumo de energia elétrica totalizaram 23,36 tCO₂eq (Tabela 3). As fazendas, no presente estudo, apresentaram valores diferentes de emissão. No período de colheita, ocorre um aumento significativo do consumo de energia elétrica, em função do beneficiamento de café em lavadores, secadores e no processamento final.

Consumo de combustíveis fósseis

Nas últimas décadas, a cultura do café sofreu grande impacto devido ao emprego de técnicas modernas de processos produtivos. Entre estes processos, pode-se citar o espaçamento de plantio, que permitiu os tratos culturais como adubação, controle de pragas e doenças com o

uso de máquinas e implementos agrícolas, sendo ainda necessário relatar o emprego de colhedoras mecanizadas e o transporte da colheita.

As emissões de GEE devido às fontes móveis atingiram 166,52 tCO₂eq, sendo o óleo diesel foi a fonte com a maior contribuição, aproximadamente 86% do total de emissões e o emprego de tratores e caminhões contribuíram com aproximadamente 77%, ou seja, o uso de mecanização na cafeicultura gerou a maior parte das emissões de GEE (Tabela 4). O transporte de pessoal teve participação de 8,27% e o gasto de gasolina para as atividades administrativas contribuiu com cerca de 9,84% (Tabela 4).

Belizário (2013), realizando trabalho sobre estoque de carbono no solo e fluxo de GEE na cultura do café, concluiu que o resultado apresentado, referente ao aumento do consumo de óleo diesel, justifica-se em função da substituição da mão de obra pelo processo de mecanização. Segundo o mesmo autor, a fonte de maior emissão no inventário, foi devido à queima de óleo diesel, correspondendo a 1,52 tCO₂eq ha⁻¹, sendo que o valor encontrado no presente estudo foi de 0,32 tCO₂eq ha⁻¹. Estas diferenças, quando comparadas ao do presente trabalho, podem estar relacionadas à topografia favorável que possibilita a mecanização em área total, aumentando o consumo de diesel, uma vez que Belizário (2013) realizou seu estudo na região de Patrocínio, Minas Gerais.

TABELA 3 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente, proveniente do uso de energia elétrica, no ano de 2012.

Propriedade	Total Megawatt (MWh)*	Emissão tCO ₂ eq
Fazenda Onça	273,456	17,85
Fazenda Alvorada	30,94	2,02
Fazenda N.S. do Rosário	48,40	3,16
Fazenda Nova Floresta	5,14	0,33
Total	357,936	23,36

*Fator de emissão 0,0653 (tCO₂/MWh)

TABELA 4 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente de combustível, no ano de 2012.

Fonte	Consumo	Emissão GEE (Kg)*			tCO ₂ eq ⁽²⁾	% ⁽³⁾
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Gasolina ⁽¹⁾	6.166,40	13.991,56	0,61664	0,61664	14,022	8,42
Álcool Anidro ⁽¹⁾	1.541,60	1.900,79	-	-	1,90	1,14
Óleo Diesel	-	-	-	-	-	-
-Caminhões ^(1,4)	13.585,66	36.287,29	4,075	-	36,389	21,85
-Ônibus ⁽¹⁾	5.146,15	13.745,36	1,543	-	13,783	8,27
-Tratores ⁽¹⁾	34.732,57	93.118,02	10,419	0,694	93,395	56,08
-Biodiesel ⁽¹⁾	2.813,91	7.031,96	-	-	7,031	4,22
Total					166,52	100,00

⁽¹⁾Consumo litros, ⁽²⁾ estimativa de emissão CO₂, CH₄, N₂O, em carbono equivalente, aplicando-se fator de correção 1, 25, 298, respectivamente (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014), ⁽³⁾ representação em %, em relação às emissões totais, ⁽⁴⁾caminhão médio, *fatores de conversão na Tabela 1.

Consumo de combustíveis estacionários

As fontes estacionárias de emissões referem-se ao emprego de gás liquefeito de petróleo (GLP), na residência dos colaboradores e ao uso de lenha advinda de eucalipto certificado ou poda do cafeeiro, visando ao processo de secagem do café colhido. As emissões GEE atingiram valores de 22,93 e de 340,5 tCO₂eq, respectivamente, para GLP e queima de lenha (Tabela 5). Vale ressaltar que, de acordo com GHG Protocol da Agricultura (2014), a queima de biomassa (lenha) resulta em emissões consideradas neutras em termos de impacto climático, pois este CO₂ é gerado através de um ciclo biológico e não um ciclo geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil. Entretanto, outro fator a ser observado é que o emprego de lenha e o GLP também contribuíram de maneira significativa para emissões de CO₂ eq (Tabela 5), bem como o uso de adubos nitrogenados para emissão de N₂O (Tabela 6), quando comparado com as emissões das fontes móveis (Tabela 4).

Signor e Cerri (2013) relataram que os principais gases de efeito estufa são o CO₂, CH₄ e N₂O, sendo que o CH₄ e N₂O apresentam o potencial de aquecimento global 25 e 298 vezes maior que o CO₂, respectivamente. No presente trabalho, as emissões pela queima de lenha não foram computadas no balanço final, entretanto, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser mais bem exploradas em pesquisas futuras.

Corretivos e fertilizantes nitrogenados

O emprego de calagem visando à correção do solo foi responsável pela emissão de 303,33 tCO₂eq (Tabela 6). As fontes de adubo nitrogenado emitiram 468 tCO₂eq (Tabela 6). Carmo et al. (2013) e Mattos Junior, Cantarella e Quaggio (2002) afirmaram que a maior parte da emissão de N₂O ocorre pelos processos biológicos de desnitrificação.

TABELA 5 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente à fonte de emissão combustão estacionária - ano 2012

Fonte	Consumo	Emissão GEE (Kg)			tCO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Lenha ⁽¹⁾	164.16	314.694,7	890,75	11,88	340,50
GLP Residencial ⁽¹⁾	7.8	22.869,60	1,81	0,04	22,93
Total					363,43

⁽¹⁾ consumo em toneladas

TABELA 6 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente corretivo calcário e fertilizante sintético nitrogenado-ano 2012.

Fonte	Consumo (Kg)	Emissão de GEE		tCO ₂ eq
		CO ₂ (Kg)	N ₂ O (Kg)	
Calcário ⁽¹⁾	690.649	82.877,88	-	303,33
Adubo Sintético Nitrogenado ⁽²⁾	100.211	-	1.002,11	468,84
Total				772,17

⁽¹⁾ Consumo em Kg, ⁽²⁾ Consumo em Kg total de N em Fertilizantes sintéticos nitrogenados, utilizados na lavoura cafeeira.

Belzário (2013) relata que o nitrogênio é um nutriente exigido em grande quantidade pela cultura do cafeeiro, sendo as adubações nitrogenadas apontadas como o fator que mais contribui para a emissão de GEE e, na agricultura, de forma geral (MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA; QUAGGIO, 2002).

Claros Garcia e Von Sperling (2010), realizando trabalho sobre a emissão de GEE no ciclo de vida do etanol, nas fases de agricultura e industrialização, afirmaram que as emissões de N₂O, pelo uso de fertilizantes contribuem, de forma significativa na emissão de GEE, sendo que a emissão total é sensível à quantidade de fertilizantes aplicada ao solo. No presente estudo, o uso de corretivos e fertilizantes nitrogenados na cultura do cafeeiro, contribuiu de forma significativa para as emissões de GEE, da ordem de 78,37% do total de emissões verificadas.

O total de emissões, desconsiderando as relativas à queima de lenha, foi de 984,14 tCO₂eq, que, quando dividido pelo área total (462,94 ha) de cafeeiro plantado nas diferentes localidades, corresponderam à emissão de 2,13 tCO₂eq ha⁻¹. Belzário (2013), em trabalho semelhante, obteve como resultado 2,91 tCO₂eq ha⁻¹. Entretanto, Silva et al. (2013) relataram que uma lavoura de café com 4 anos de idade é capaz de sequestrar da atmosfera 8,45 tCO₂eq ha⁻¹ ano⁻¹, a partir de processos fotossintéticos, valor que também deve ser levado em conta em estudos de emissões de GEE, bem como em processos de certificação de produção (BRANDÃO et al., 2012).

4 CONCLUSÕES

A condução da lavoura cafeeira emite 2,13 tCO₂ eq ha⁻¹ de gases de efeito estufa. O emprego da adubação nitrogenada e o uso de corretivos são as fontes de maior contribuição para essas emissões, sendo seguidas pelo consumo de óleo diesel.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Fazenda da Onça e ao Senhores Mário de Freitas Eiras Garcia e Célio Montagnini pela possibilidade e apoio na realização do presente trabalho.

6 REFERÊNCIAS

- APPS, M. J. et al. Carbon budget of the Canadian forest product sector. **Environmental Science & Policy**, Carouge, v. 2, n. 1, p. 25-41, 1999.
- ASSAD, E. D. et al. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.
- BELIZÁRIO, M. **Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo de café**. 2013. 143 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 2013.
- BRANDÃO, F. S. et al. O papel do agronegócio brasileiro na redução dos gases de efeito estufa. **Agroambiental**, Barreiras, v. 6, n. 1, p. 84-90, 2012.

- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 678**, de 31 de agosto de 2011. Fixa em vinte por cento o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível a gasolina, a partir de zero hora do dia 1º de outubro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=234338>>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Fatores de emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>>. Acesso em: 2 maio 2014.
- CARMO, J. B. D. et al. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **GCB Bioenergy**, Urbana, v. 5, n. 3, p. 267-280, 2013.
- CERRI, C. C. et al. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.
- CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-99, 2007.
- CLAROS GARCIA, J. C.; VON SPERLING, E. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2010.
- DUXBURY, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. **Fertilizer Research**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 151-163, 1994.
- FIGUEIREDO, E. B. de; LA SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 141, p. 77-85, 2011.
- GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/WRI. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa: especificações do programa brasileiro GHG protocol**. 2. ed. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima/inventario-de-gee-empreendimentos/385-inventarios-corporativos>>. Acesso em: 5 maio 2013.
- GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/FGV. **Ferramenta de cálculo 2012**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 18 nov. 2012.
- GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para agricultura**. São Paulo: UNICAMP; WRI Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/Agriculture-Guidance/Visão-Geral%3A-Projeto-Brasil-Agropecuária>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- GOLDEMBERG, J.; GUARDAZASSI, P. M. Climate change and historical responsibilities. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 201-206, 2012.
- GOUVÊIA, J. R. F. et al. Climate changes and technological advances: impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 5, p. 593-605, 2009.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. v. 4, 110 p.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 32, p. 582-595, 2008.
- MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 263-270, 2002.
- SANTANA, K. O.; TININIS, A. G. Biodiesel: mercado, tendências, panoramas e lacunas do setor industrial. **Sinergia**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 114-125, 2013.
- SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 322-338, 2013.
- SILVA, A. B. et al. Estoques de carbono no solo e em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, Caracas, v. 18, n. 4, p. 286-291, 2013.

STRECK, N.A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento do trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, set. 2006.

TZILIVAKIS, J. et al. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in UK. **Agricultural Systems**, Washington, v. 85, p. 101-119, 2005.