



ESTUDO DE NEUTRALIZAÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - REITORIA E CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS: UMA FORMA DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL

STUDY OF GREENHOUSE GASES OFFSETS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF TOCANTINS STATE, BRAZIL – ACADEMIC SENATE AND CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF PALMAS: A WAY OF ENVIRONMENTAL MITIGATION

Diego Robson Rocha dos Santos

Graduando do Curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
diegorobson_uft@yahoo.com.br

Aurélio Pessôa Picanço

Professor Adjunto IV do curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
aureliopicanco@uft.edu.br

Girlene Figueiredo Maciel

Professor Assistente IV do curso de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Tocantins (UFT)
maciel@uft.edu.br

Juan Carlos Valdés Serra

Professor Adjunto IV do curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
juancs@uft.edu.br

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um inventário das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Universidade Federal do Tocantins provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, para calcular o número de árvores nativas do Cerradão a serem plantadas na região do município de Palmas-TO para neutralizar as emissões destes GEE reportados em dióxido de carbono equivalente (CO_2e). Utilizando para esse propósito as Especificações do Programa Brasileiro GHG (Greenhouse Gas) Protocol associada com as metodologias de cálculo de emissões de GEE publicadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para a realização do inventário, e utilizando o Guia de Boas Práticas para o Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF) publicado pelo IPCC para o cálculo de neutralização do CO_2e . O resultado do inventário mostrou que as unidades inventariadas emitiram cerca de $218\text{tCO}_2\text{e}$ e que para a neutralização destes, seriam necessário plantar aproximadamente 1.702 árvores para sequestrar todo CO_2e em um período de 20 anos. As metodologias utilizadas para a composição do inventário dos GEE apresentaram ser excelentes ferramentas para a determinação do perfil de emissão, e apesar das incertezas apresentadas do fator de fixação de carbono, este pode ser utilizado para o cálculo de neutralização dos GEE como uma forma de mitigação ambiental.

Palavras-chave: Inventário de Gases de Efeito Estufa, Fatores de emissão, Fator de fixação de Carbono, Cerradão, Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO.

**ABSTRACT**

The main objective of this paper was to establish an inventory of the Federal University of Tocantins' Greenhouse Gases (GHGs) emissions derived from controlled sources and administrative activities conducted in 2009 by the Rectorry and the University Campus of Palmas, in order to calculate the number of Savanna's native trees to be planted in the region of the county of Palmas-TO to neutralize GHG emissions reported in carbon dioxide equivalent (CO₂e). Utilizing the Specifications of the Brazilian Program GHG (Greenhouse Gas) Protocol for this purpose associated with the calculus methodologies of GHG emissions published by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the completion of the inventory, as well as using the Good Practice Guide for Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) published by the IPCC for neutralization of CO₂e calculus. The inventory result showed that the listed units emitted around 218tCO₂e and for its neutralization, it would be necessary to plant approximately 1.702 trees for sequestering all CO₂e over a period of 20 years. The methodologies used for the composition of the GHG inventory came up as excellent tools for determining the emission profile. Despite the uncertainties about the carbon fixation rate, it can be used to calculate the neutralization of GHG as a way of environmental mitigation.

Keywords: Inventory of Greenhouse Gases, Emission Factors, Carbon fixation factor, Cerradão (savana), Federal University of Tocantins, Palmas-TO.

1. INTRODUÇÃO

Diariamente a mídia noticia as catástrofes climáticas e as mudanças do clima que estão acontecendo em escala global. Ao longo dos últimos cem anos, a concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) vem aumentando por causa da atividade industrial, agrícola e principalmente por causa da atividade de transporte pelo grande consumo de combustíveis fósseis pelos veículos terrestres. O acúmulo desses gases impede o calor das superfícies terrestre de ser liberado ao espaço, ocasionando aumento na temperatura média da superfície da Terra e mudanças nos padrões climáticos mundiais (MCT, 2010a).

Segundo as informações apresentadas na Síntese do quarto relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas, o aumento da temperatura média da terra poderá acarretar até o final do século XXI, impactos econômicos, sociais e ambientais que afetarão todos os países, porém, serão sentidos de maneira diferenciada em cada região. A maioria dos impactos será negativa trazendo enormes prejuízos para a humanidade (IPCC, 2007).

Na tentativa de estabilizar as possíveis consequências dos gases causadores do efeito estufa, foi estabelecida, durante a Conferência para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Leal, 2008). A partir de então, passaram a ocorrer Conferências anuais das Partes (COPs), que culminaram, em 1997, com a assinatura por diversos países, do Protocolo de Quioto, que tem como meta principal regular as emissões de GEE pelos países industrializados, impondo a redução obrigatória de, em média, 5,2% com relação aos níveis emitidos em 1990, no período compreendido entre 2008 e 2012 (Cooper et al., 2009).

A realização de inventário de emissão de GEE em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que segundo Paiva (2008) é uma medida padrão estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) para quantificar as emissões dos GEE listados pelo Protocolo de Quioto, tem como principal objetivo o de permitir o conhecimento do perfil de emissão, e a partir deste, realizar um planejamento para a sua redução, bem como a neutralização da

emissão levantada.

A neutralização de carbono pode ser considerada como uma forma de mitigação ambiental, em que empresas, instituições e cidadãos têm a possibilidade de compensar suas emissões de CO₂ por meio do plantio de árvores que fixam carbono através do processo de fotossíntese durante seu crescimento e desenvolvimento. Assim, o CO₂ que é lançado na atmosfera é retirado pelas florestas, ou seja, é neutralizado (Netto et al., 2008).

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um inventário das emissões de GEE da Universidade Federal do Tocantins (UFT) provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, para calcular o número de árvores nativas do Cerradão, uma das fitofisionomias do Cerrado, a serem plantadas na região do município de Palmas-TO para neutralizar as emissões destes GEE reportados em CO₂e.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho definiu como área de estudo da Universidade Federal do Tocantins, o limite organizacional do Campus Universitário de Palmas em que sua estrutura física está instalada no município de Palmas-TO que tem coordenadas geográficas pontuais 10°42'29"S e 48°25'02"W, e o limite organizacional da Reitoria que está instalada na área do Campus Universitário (Figura 1).

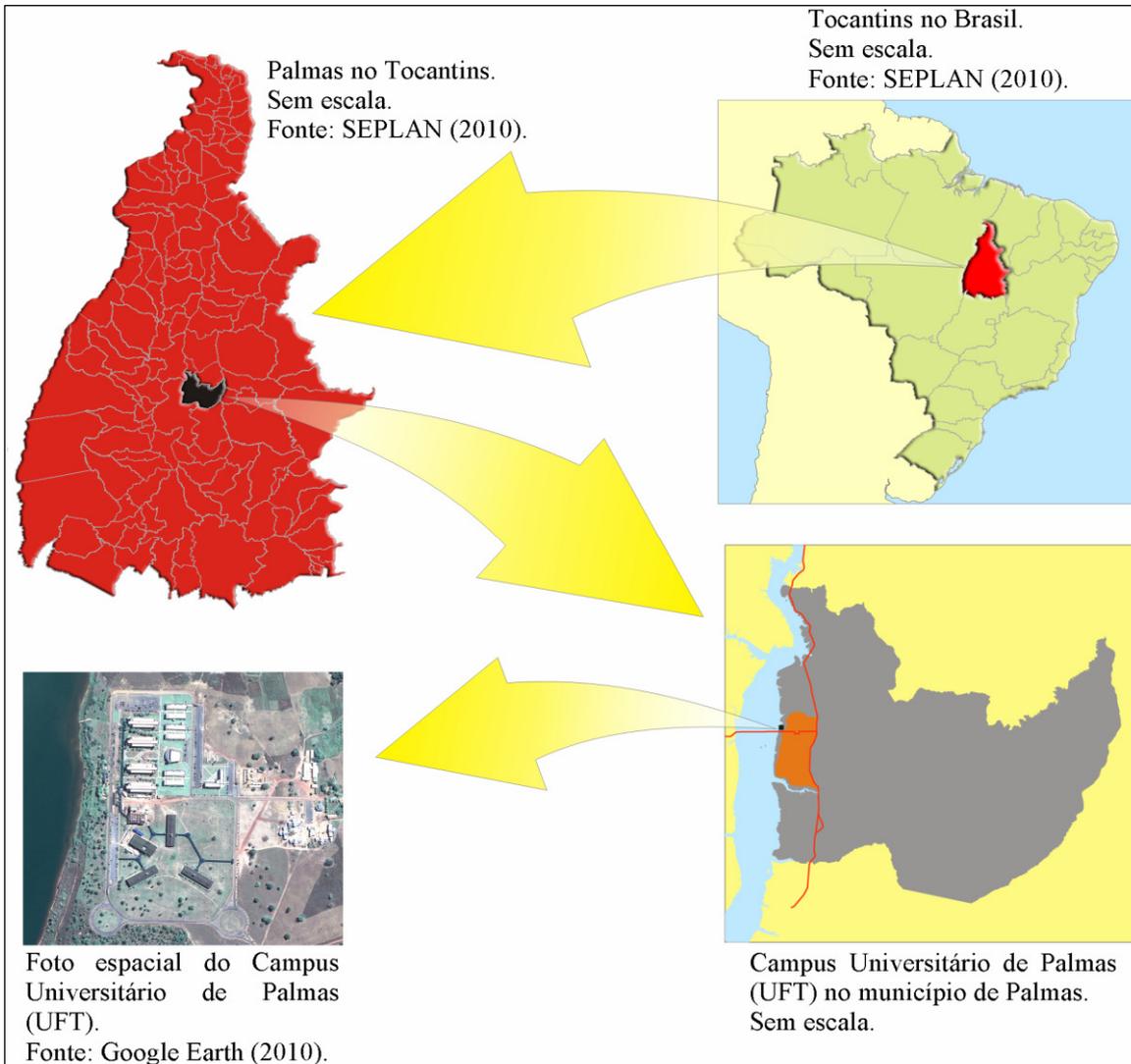


Figura 1 – Mapa de localização do Campus Universitário de Palmas (UFT).

A vegetação característica da região é de fitofisionomias do cerrado: cerrado, cerrado stricto sensu, campo sujo e campo limpo. Na área de estudo a vegetação predominante é do tipo cerrado. Segundo Ribeiro e Walter (1998) citado por Karug et al. (2002), o cerrado é caracterizado por uma formação florestal onde a dominância de espécies vegetais é lenhosa de dossel alto e fechado, apresentando espécies que ocorrem no cerrado sensu stricto e na floresta tropical, com árvores variando de 8 a 15 metros de altura.

O clima predominante no cerrado é o tropical com estação seca, ou tropical sazonal, dentro da

classificação climática Aw/As de Köppen-Geiger, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 22,5°C, com precipitação média anual entre 1200mm e 1800mm.

2.2. Elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa

Para a realização do inventário dos GEE referente ao ano de 2009 da área de estudo foram utilizados os princípios metodológicos apresentados nas Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol publicado pelo World Resources Institute (WRI) (2010), em que a realização do inventário seguiu os seguintes passos básicos:

2.2.1 Identificação das Fontes de Emissão

A metodologia apresentada no Programa Brasileiro GHG Protocol divide as emissões em três grandes escopos mais emissões de biomassa. São eles (WRI, 2010):

- **Escopo 1: Emissões Diretas de GEE** – São aquelas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela Organização, que devem ser divididas em: combustão estacionária, combustão móvel, emissões de processos físicos e químicos, emissões fugitivas e emissões agrícolas.

- **Escopo 2: Emissões Indiretas de GEE** – São emissões atribuídas à compra de eletricidade, calor ou vapor, que são emitidas no local de sua geração. Pode ser dividida em: compra de energia elétrica e compra de calor ou vapor.

- **Escopo 3 (opcional): Outras emissões indiretas de GEE** – Emissões indiretas relacionadas à atividade da Organização, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela organização, como por exemplo, terceirização de serviços, transporte de matérias-primas, produtos acabados e descartáveis, uso de combustível pelos funcionários para sua locomoção até a Organização ou em atividades pela Organização.

- **Emissões de biomassa:** São emissões resultantes da combustão de biomassa e que devem ser tratadas de forma diferente daquelas provenientes de combustíveis fósseis. O CO₂ liberado na combustão de biomassa é igual ao CO₂ retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese, desta forma, é possível considerá-lo “carbono neutro”. Por outro lado, as emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) não podem ser consideradas neutras em virtude de estes gases não serem removidos da atmosfera durante o crescimento da biomassa e devem ser contabilizadas no Escopo 1.

Com base nas informações acima, foram incluídas neste Inventário as seguintes fontes de emissões identificadas a partir de visitas ao local da área de estudo (Quadro 1):

Quadro 1 – Identificação das fontes de emissões de GEE referentes ao ano de 2009 distribuídas por unidade organizacional.

Unidade Organizacional	Escopo	Fonte de emissão	Descrição da fonte
Reitoria	1	Combustão móvel	Emissões de CO ₂ pelos diferentes combustíveis utilizados (gasolina e diesel) nos transportes terrestres (veículos) e transportes aquáticos (embarcações).
		Emissão agrícola	Emissões de CO ₂ pela utilização de diesel em máquina agrícola (trator) e emissões de CO ₂ e N ₂ O originadas da correção e adubação do solo na área da Estação Experimental do Campus Universitário de Palmas.
Campus Universitário de Palmas	1	Combustão móvel	Emissões de CO ₂ pelos diferentes combustíveis utilizados (gasolina e diesel) nos transportes terrestres (veículos).
		Combustão estacionária	Emissões de CO ₂ pela utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP) em fogões de cozinha e equipamentos de laboratório (bico de bunsen).
	2	Compra de eletricidade	Emissões de CO ₂ originadas no local de geração da eletricidade consumida pelo Campus. O consumo de energia elétrica da Reitoria foi contabilizado no consumo do Campus, pois a Reitoria consome a energia elétrica comprada pelo Campus Universitário de Palmas.

As emissões do Escopo 3 não foram contabilizadas por motivo da grande dificuldade em identificar todas as fontes de emissões indiretas pertencentes a este Escopo.

2.2.2 Abordagem de cálculo

A abordagem de cálculo utilizada neste Inventário para o cálculo das emissões de GEE em CO₂e das fontes contempladas foi por aplicação de fatores de emissão. Os fatores de emissão reportam a quantidade de CO₂e emitida por unidade de atividade (Brasil et al., 2008).

2.2.3 Coleta de dados e fatores de emissão

A coleta de dados foi realizada por meio de

visitas a Diretoria Administrativa da Reitoria (DIRAD), a Administração do Campus e a Administração da Estação Experimental localizada na área do Campus Universitário de Palmas, em que o critério para a coleta das informações tomou por base as variáveis de cada ferramenta de cálculo selecionada para a confecção de planilhas impressas onde foram registrados os dados. Os dados coletados foram referentes ao período de janeiro a dezembro de 2009.

Os fatores de emissão utilizados no inventário para as emissões resultantes das fontes identificadas como consumo de combustíveis, aplicação de calcário, aplicação de fertilizantes nitrogenados e consumo de energia elétrica, são os recomendados pelo IPCC, United State Environmental Protection Agency (US EPA) e Ministério da Ciência e

Tecnologia (MCT) (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores de emissão das principais fontes de emissão

Fonte de emissão	Fator de emissão	Fonte de Publicação
Álcool (E100)	1,469 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Biodiesel (B100)	2,499 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Diesel	2,681 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Gasolina	2,327 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
GLP	1,612 KgCO ₂ /l	IPCC, 2006
Energia Elétrica	0,0246 tCO ₂ /MWh	MCT, 2010b
Fertilizante Nitrogenado	0,01[Kg N ₂ O – N / (Kg N)]	IPCC, 2006

2.2.4 Aplicação das ferramentas de cálculo

Para calcular as emissões dos GEE das fontes contempladas neste Inventário, foram utilizadas as seguintes ferramentas de cálculo selecionadas no Guia de Orientações de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa:

a) Emissão de CO₂ por consumo de combustível

Para o cálculo das emissões de CO₂ por consumo de diversos tipos de combustíveis (tanto em sistemas de combustão móvel como estacionária) empregou-se a seguinte equação geral do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o = \sum_j (Combust\tilde{v}e\ l_j \cdot EF_j) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: Emissão = Emissão de CO₂ (Kg); Combustível_j = Combustível consumido (TJ); EF_j = Fator de emissão do combustível_j (Kg/TJ); j = Tipo de combustível (Álcool, Biodiesel, Diesel, Gasolina e GLP).

As unidades da variável Combustível e EF foram substituídas respectivamente pelas unidades litro (l) e quilograma por litro (Kg/l).

O cálculo das emissões de CO₂ por consumo de combustível levou em consideração a fração de biodiesel contido no diesel e a fração de etanol

(álcool) contido na gasolina. Pois de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) (2009) citado pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (2010), todo diesel comercializado no Brasil no ano de 2009 possuiu uma fração média de biodiesel de 3,5% e toda gasolina brasileira também possuiu obrigatoriamente uma fração variável de combustível biogênico, no caso o etanol de 25%.

As emissões de CH₄ e N₂O por consumo de combustível pelas fontes de combustão móvel não foram calculadas, devido haver uma grande dificuldade de serem estimadas com exatidão comparadas com as emissões de CO₂. Pois os fatores de emissão de CH₄ e N₂O dependem da tecnologia do veículo, do combustível e das condições de uso (IPCC, 2006).

b) Emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica

As emissões indiretas de CO₂ por consumo de eletricidade durante a realização das atividades administrativas foram calculadas conforme a seguinte equação desenvolvida a partir dos princípios da abordagem de cálculo de emissão por fatores de emissão do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o = CE_y \cdot EF_y^{rede} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde: Emissão = Emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica, no ano y (t); CE_y = Consumo de energia elétrica, no ano y (MWh); EF_y^{rede} = Fator de emissão de CO₂ do ano y e pela rede elétrica (t/MWh).

c) Emissões resultantes da aplicação de calcário

Para o cálculo das emissões de CO₂ resultantes da aplicação de carbonatos, que contenham cal (carbonato de cálcio (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂)), foi utilizado a seguinte equação do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o\ CO_2 - C = (M_{Calc\tilde{a}r}io \cdot EF_{Calc\tilde{a}r}io) + (M_{Dolomita} \cdot EF_{Dolomita}) \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: Emissão CO₂-C = Emissões anuais de carbono (C) por aplicação de calcário (tC/ano) (para

a conversão de CO₂-C para tCO₂, o valor obtido foi multiplicado por 44/12); M = Quantidade anual de carbonato de cálcio (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂) (tC/ano); EF = Fator de emissão, tC por tonelada de calcário ou dolomita. O fator de emissão é equivalente ao conteúdo de carbono nestes materiais (12% CaCO₃, e 13% CaMg(CO₃)₂).

d) Emissões resultantes da aplicação de fertilizantes

A aplicação de adubos nitrogenados em solos agrícolas resulta na emissão de N₂O, importante gás do efeito estufa, cujo potencial de aquecimento global é estimado em aproximadamente 310 vezes maior do que o CO₂. Para estimar as emissões de N₂O resultantes das aplicações de fertilizantes, foi utilizado a seguinte equação adaptada a partir dos dados apresentados nas Orientações do IPCC (2006):

$$\text{Emissão } N_2O_{\text{Direta}} - N = [(F_{SN} + F_{ON}) \cdot EF] \cdot \left(\frac{44}{28}\right) \cdot 310$$

Eq. (4)

Onde: N₂O_{Direta}-N = Emissões diretas de N₂O como resultado da aplicação de adubos contendo nitrogênio (tCO₂e/ano); F_{SN} = Quantidade de fertilizante sintético utilizado (tN/ano); F_{ON} = Quantidade de fertilizante orgânico utilizado (tN/ano); EF = Fator de emissão para emissões decorrentes da adição de N (adimensional); 44/28 = conversão de N₂O-N para N₂O; 310 = Potencial de Aquecimento Global do N₂O para conversão em tCO₂e.

2.3. Cálculo de Neutralização de CO₂e por plantio de árvores

Para quantificar o número de árvores nativas pertencentes ao Cerradão que é uma das fitofisionomias do bioma Cerrado presente no município de Palmas-TO, para neutralizar as emissões do CO₂e emitidos pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT no ano de 2009, o presente trabalho utilizou a seguinte equação apresentada por Azevedo e Quintino (2010):

$$N = \left[\left(\frac{Et}{Ft} \right) \cdot 1,2 \right] \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde: N = Número de árvores a serem plantadas; Et = Emissão total de GEE estimado no cálculo de emissão (tCO₂e); Ft = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de plantio (tCO₂e/árvore); 1,2 = Fator de compensação para possíveis perdas de mudas.

Segundo Azevedo e Quintino (2010), o fator de fixação é estimado de acordo com a quantidade de carbono seqüestrado da atmosfera pelas plantas, que por sua vez, depende das diferenças de espécies, solo, clima e tipo de vegetação.

Assim, a determinação do fator de fixação de carbono em biomassa para o plantio de árvores nativas do Cerradão, foi realizada com base nos dados apresentado no Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) publicado pelo IPCC no ano de 2003, o qual apresenta informações sobre as taxas de Incremento Médio Anual (IMA) de Biomassa para florestas tropicais e subtropicais em processos de regeneração natural localizadas em Regiões da América que tem clima úmido com uma estação seca curta.

De acordo o IPCC (2003), o valor por omissão do IMA da biomassa viva acima do solo em processo de regeneração natural das florestas situadas em Regiões da América que tem clima tropical ou subtropical úmido com uma estação seca curta com precipitação anual de 2000 > P > 1000mm, é 7 toneladas de matéria seca/ ha/ ano para florestas com idade ≤ 20 anos e 2 toneladas de matéria seca/ ha/ ano para florestas com idade > 20 anos. O valor por omissão do IMA da biomassa abaixo do solo pode ser considerado igual a 0. A incerteza por omissão do IMA da biomassa viva acima do solo é de ±43% em torno da média do IMA. A fração de carbono na matéria seca por omissão é igual a 50% ou 0,5.

Com base nas informações acima, o cálculo do fator de fixação de carbono por árvore foi realizado por meio da seguinte equação:

$$tCO_2e/árvore/ano = \frac{IMA \cdot (tC/t\text{ seca}) \cdot (44/12)}{n^\circ \text{ árvore/ha}}$$

Onde: $tCO_2e/árvore/ano$ = Toneladas de CO_2e seqüestrado por árvore em 1 ano; IMA = Incremento Médio Anual da biomassa viva acima do solo mais o IMA da biomassa viva abaixo do solo (toneladas de matéria seca/ha/ano); $tC/t\text{ seca}$ = Teor de Carbono na matéria seca (0,5); $44/12$ = Conversão do C para CO_2 ; $n^\circ \text{ árvores/ha}$ = Número de árvores por hectare em fase de crescimento.

O número de árvores/ha utilizado para realizar o cálculo foi de 1.667 árvores/ha, visto que, de acordo com Bechara (2006), o plantio tradicional de espécies arbóreas para recuperação de áreas degradadas localizadas no Cerradão, é realizado sob espaçamento de 3 x 2 metros, totalizando cerca de 1.667 árvores por hectare.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Inventário dos Gases de Efeito Estufa

Após o levantamento das informações referente ao ano de 2009 das fontes de emissão de GEE identificadas como consumo de energia elétrica, aplicação de calcário, aplicação de fertilizantes nitrogenados, consumos de combustíveis pelos transportes terrestres, aquáticos e por fontes estacionárias, calcularam-se as emissões de CO_2e empregando as diferentes metodologias de cálculo citadas no presente trabalho (Tabela 2).

Como pode ser observado na Tabela 2, cerca de 76% das emissões da Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT pertencem ao Escopo 1, sendo que os transportes terrestres controlados por estas unidade é a fonte mais significativa das emissões diretas, detendo cerca de 93% das emissões deste escopo e 70% da emissão total de 218,31t CO_2e , em que a Reitoria é responsável por emitir 82% das emissões totais gerado pelos transportes terrestres no ano de 2009. A emissão indireta por consumo de energia elétrica é a segunda fonte mais significativa, representando aproximadamente 24% das emissões totais e as

demais fontes emissoras consideradas neste inventário representam juntas, 6% das emissões totais. Assim, a Reitoria é responsável por emitir 63% das emissões totais enquanto que o Campus Universitário de Palmas é responsável por emitir 37% das emissões.

As emissões de CO_2 por queima de biomassa foram reportadas separadamente da Tabela 2, pois podem ser consideradas como “carbono neutro” conforme apresentado na metodologia descrita no trabalho. O resultado das emissões da queima das frações de biomassa presentes nos combustíveis brutos da gasolina e diesel foram respectivamente 13,65t CO_2 proveniente da queima de álcool e 3,25t CO_2 proveniente da queima de biodiesel, sendo que 86% destas emissões pertencem a Reitoria.

Tabela 2 - Emissões de CO₂e referentes ao ano de 2009 distribuído por unidade organizacional com suas respectivas fontes de emissão.

Unidade Organizacional	Escopo	Fonte de emissão	Descrição da Fonte	Consumo	Emissão (tCO ₂ e)	Percentual de emissão de GEE		
Reitoria	1	Combustão móvel	Consumo líquido de diesel pelos transportes terrestre.	26.440,75 L	70,89	32,47		
			Consumo líquido de gasolina pelos transportes terrestre.	23.439,66 L	54,54	25		
			Consumo líquido de gasolina pelos transportes aquáticos.	728,97 L	1,7	0,77		
		Emissão agrícola	Consumo líquido de diesel por máquina agrícola.	2.354,55 L	6,31	2,9		
			Aplicação de Calcário Dolomítico	3 ton	1,43	0,7		
			Aplicação de Adubo NPK 04-14-08	0,08 ton	0,02	0,01		
			Aplicação de Adubo NPK 04-30-16	9 ton	1,75	0,8		
		Campus Universitário de Palmas	1	Combustão móvel	Consumo líquido de diesel pelos transportes terrestre.	6.936,1 L	18,6	8,5
					Consumo líquido de gasolina pelos transportes terrestre.	3.716,1 L	8,65	4
				Combustão estacionária	Consumo de GLP por fogões de cozinha e laboratoriais.	7 botijões de 108 L	1,22	0,5
Campus Universitário de Palmas	2	Compra de eletricidade	Consumo de energia elétrica durante a realização das atividades administrativas (A Reitoria consome a mesma energia elétrica comprada pelo Campus Universitário de Palmas).	2.135,54 MWh	52,54	24,05		
			EMIÇÃO TOTAL				218,31tCO₂e	

3.2. Cálculo de Neutralização do CO₂e por plantio de árvores

Visto que o intenso crescimento da biomassa viva acima do solo é até aos 20 anos de idade, o número de mudas de árvores nativas do Cerradão estimadas para neutralizar a emissão de 218,31tCO₂e da Reitoria e Campus Universitário de Palmas referente ao ano de 2009, considerou um período de 20 anos contado a partir do ano de plantio para a neutralização. Assim, o resultado do fator de fixação de carbono da Equação 6 foi multiplicado por 20, obtendo o seguinte resultado:

$$tCO_2e/árvore\ em\ 20\ anos = \left(\frac{7t \cdot ha^{-1} \cdot 0,5 \cdot 3,67}{1667 \cdot árvore \cdot ha^{-1}} \right) \cdot 20 \cong 0,154 tCO_2e / árvore \ em\ 20\ anos$$

Com base nos dados apresentado no LULUCF, o resultado do fator de fixação de carbono da Equação 6 pode apresentar uma incerteza de $\pm 43\%$ sem considerar o IMA da biomassa viva abaixo do solo (parte do tronco e raízes) mais as incertezas da quantidade de árvores em fase de crescimento por hectare utilizada no cálculo. Portanto, com o resultado da Equação 6, foi estimado a quantidade de mudas de árvores nativa do Cerradão a serem plantadas para neutralizar em 20 anos a emissão total de 218,31tCO₂e provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, utilizando a Equação 5:

$$N = \left[\left(\frac{218,31 tCO_2e}{0,154 tCO_2e / árvore} \right) \cdot 1,2 \right] \cong 1.702 \text{ árvores}$$

Considerando o espaçamento de plantio das mudas de 3 x 2 metros ($6\text{m}^2/\text{muda}$), a área necessária para o plantio de 1.702 mudas é de 10.212m^2 ou aproximadamente 1,02ha.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste estudo, chegou-se às seguintes conclusões:

A metodologia apresentada nas Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol para elaboração de Inventário de GEE, associada com as metodologias de cálculo do IPCC para estimar as emissões dos gases resultantes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT, apresentaram-se como excelentes ferramentas para a composição do inventário de GEE reportados em CO_2e , permitindo o conhecimento do perfil das emissões destas unidades.

A metodologia de cálculo utilizada para a determinação do fator de fixação de carbono em CO_2e por árvore nativa do Cerradão, pode apresentar incertezas além dos $\pm 43\%$ por motivo de não ter sido considerado o IMA da biomassa viva abaixo do solo (parte do tronco e raízes) mais as incertezas da quantidade de árvores em fase de crescimento por hectare estimados para o IMA da biomassa viva acima do solo utilizado no cálculo.

Apesar das incertezas apresentadas na determinação do fator de fixação de carbono, a metodologia utilizada não demandou um tempo oneroso para a sua determinação, e pode ser utilizada por empresas, instituições e cidadãos para calcular o número de árvores nativas do Cerradão a serem plantadas para neutralizar suas emissões de maneira voluntária como uma forma de mitigação ambiental.

No entanto, sugerem-se a elaboração e realização de pesquisas mais detalhadas, para a obtenção de uma gama de informações e análises mais criteriosas para a determinação de um fator de fixação de carbono geral para as árvores nativas do Cerradão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, M. F. C.; Quintino, I. 2010. *Manual Técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de*

mudas nativas. Rio de Janeiro: Ambiental Company, 17 p.

Bechara, F. C. 2006. *Unidades demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Piracicaba, 248 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.*

Brasil, G. H.; Junior Souza, P. A.; Junior Carvalho, J. A. 2008. *Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. Revista Sistemas & Gestão. v.3, n.1, p.15-26.*

Cooper, M. et al. 2009. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz": Plano Diretor Socioambiental Participativo do Campus "Luiz de Queiroz". São Paulo. Disponível em: <esalq.usp.br/instituicao/docs/plano_diretor_socioambiental.pdf>. Acesso em: 01/03/2010.

Google Earth. 2010. Foto espacial do Campus Universitário de Palmas. Obtida em: 28/08/2010.

IPCC. 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman, J; Gytarsky, M; Hiraishi, T; Krug, T; Kruger, D; Pipatti, R; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T; Tanabe, K and Wagner, F. (Ed). Japão: IGES, 628 p.

IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H.S; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T. and Tanabe, K. (Ed.). Japão: IGES.

IPCC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: <ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf>. Acesso em: 10/06/2010.

Karug, T.; Figueiredo, H. B.; Sano, E.E.; Almeida, C. A.; Santos, J. R.; Miranda, H. S.; Sato, M. N.; Andrade, S. M. A. 2002. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antropogênicas de Gases de Efeito Estufa, Relatório de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa da Queima da Biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais. Disponível em: <recor.org.br/publicacoes/queimac_p.pdf>. Acesso em: 29/07/2010.

Leal, F. H. 2008. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como Incentivo à Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal. *Revista Carbono Social. v.2, n.2, p.38-43.*

MCT. 2010a. Ministério da Ciência e Tecnologia. Ciência da Mudança do Clima. <mct.gov.br/index.php/content/view/3883.html>. Acesso em: 01/03/2010.

MCT. 2010b. Ministério da Ciência e Tecnologia. Fatores de Emissão de CO_2 para utilizações que necessitam do fator médio



de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos. <mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>. Acessado em: 20/07/2010.

Netto, S. P.; Kauano, É. E.; Caraiola, M; Weber, S. H; Erdelyi, S. 2008. Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa VIVAT Neutracarbono em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais, PR. Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, v.6, n.2, p.293-306.

Paiva, G. B. 2008. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Tratamento de Esgoto e Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo Econômico. Vitória, 134 p. Dissertação (Mestrado em Economia). Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito Santo.

Programa Brasileiro GHG Protocol. Ferramenta GHG Protocol_2009_Final. <ghgprotocolbrasil.com.br>. Acessado em: 07/06/2010.

SEPLAN. 2010. Secretaria de Planejamento. Diretoria de Zoneamento Ecológico e Econômico. Governo do Estado do Tocantins, Palmas.

US EPA. 2008. United State Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Mobile Combustion Sources. <epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf>. Acessado em: 17/08/2010.

WRI. 2010. World Resources Institute. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Mozoni, M; Bhatia, P; Biderman, R; Fransen, T; Oliveira, B; Strumpf, R; Robinson, K. (Ed.). 2010, 77 p. <fgv.br/ces/ghg/>. Acessado em: 07/06/2010.