

SEQUESTRO DE CARBONO EM REGIÃO DE CERRADO EM MATO GROSSO: CONTRIBUIÇÃO PARA O EQUILÍBRIO DO CLIMA

Sirlene Gomes Pessoa¹
Marcelo Aparecido Martins²

RESUMO

Neste estudo **objetivou-se** estimar a remoção de dióxido de carbono (CO₂) de espécies florestais de uma área localizada no município de Dom Aquino em Mato Grosso, bem como confrontar essa remoção com as emissões de CO₂ da frota de ônibus do município de Várzea Grande/MT e da frota intermunicipal entre Várzea Grande a Cuiabá/MT. Utilizando o **método indireto e equações alométricas** para amostragem arbórea em área de 200m², chegou-se ao **resultado** de 5,56t/CO₂/ano. Quando se estendeu a área de amostragem para um (01) hectare, as estimativas de remoções foram de 277,8t/CO₂/ha/ano. **Concluiu-se** que 69,2ha de florestas preservadas compensam as emissões anuais dos 170 carros da frota de ônibus, consistente em 19.238t/CO₂/ano.

Palavras-chave: Remoção de CO₂, Compensação, Transporte.

ABSTRACT

This study aimed to estimate the removal of carbon dioxide (CO₂) of forest species in an area located in Dom Aquino in Mato Grosso, as well as confront such removal with CO₂ emissions of the bus fleet of the municipality of Varzea Grande / MT and intercity fleet Várzea Grande to Cuiabá / MT. Using the indirect method and allometric equations for tree sampling in an area of 200m², it was the result 5.56 t/CO₂/ano. When it reached the sampling area for a (01) hectare, estimates of removals were 277.8 t/ha/year. It was concluded by the necessity of 69.2 ha of forests preserved on average to remove the annual emissions of the 170 cars entire fleet, consisting of 19.238t/CO₂/ano.

Keywords: Removal of CO₂, Compensation, Transportation.

INTRODUÇÃO

Até a poucas décadas a sociedade não valorizava a biodiversidade, ou seja, não visualizava os atributos dos recursos ambientais. Com os resultados das catástrofes naturais, os governos, empresas e pessoas comuns passaram a dar valor, inclusive monetário e esses

¹ Economista (USF/SP), Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento Regional e Especialista em Economia Agroindustrial (UFMT). Docente de Poluição de Ar e Mercado de Carbono e, Agronegócio - do Centro Universitário de Várzea Grande-UNIVAG/MT., - sirlenepessoa@ig.com.br

² Médico Veterinário, Mestrando em Ciência Animal (UFMT), Especialista em Qualidade e Produtividade (Faculdade Osvaldo Cruz/SP). Docente do Curso de Gestão Ambiental e Gestão da Qualidade do Centro Univewrsitário de Várzea Grande-UNIVAG - email marceloap.martins@hotmail.com.

atributos, dentre eles, à floresta em pé, a remoção de dióxido de carbono (CO₂), às nascentes e rios, a diversidade animal e vegetal, ao clima equilibrado, a beleza cênica, por fim, ao equilíbrio climático ambiental. A partir daí a sociedade passa a entender que existe um custo para que esses bens e serviços ambientais continuem existindo. Passa a questionar quais os custos de manutenção das florestas preservadas, qual a quantidade de CO₂ removida por uma determinada reserva florestal? No Brasil essas florestas correspondem a 60,7% do território, segundo o Ministério do Meio ambiente (MMA, 2010) e no estado de Mato Grosso correspondem a 62% (SEMA/MT, 2007).

Contemplado pelos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, Mato Grosso conta com recursos naturais que lhes oferecem não só fatores ao processo produtivo, mas, outros atributos que contribuem com o equilíbrio do ecossistema, abrangendo flora, fauna e clima. A remoção de CO₂ da atmosfera, um dos gases relacionado pelo Anexo A do Protocolo de Quioto como causador do efeito estufa é um dos atributos relevantes da floresta que vem merecendo destaque em pesquisas científicas.

Países em desenvolvimento, que contam com florestas preservadas em seus territórios e com altos custos de manutenção, tem buscado apoio junto a Organização das nações Unidas (ONU) para continuar com seus processos de desenvolvimento concomitante com a preservação de suas florestas. Consequentemente, a ONU lançou em 2008 o Programa de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (UN-REDD Programme, 2008) com objetivo de dar apoio a esses países para que implantem suas estratégias internas de REDD+³. Num momento onde a economia verde passa a pautar conferências globais, a ONU busca o consenso na formatação de programas e fundos que garantam o financiamento de projetos florestais de remoção e não emissão de CO₂ e o respectivo pagamento aos agentes responsáveis pela preservação da floresta.

Considerando que a cultura de valorar os atributos da natureza ainda é nova e, que poucos assumem esses custos de manutenção, os países, inclusive o Brasil, buscam implantar políticas públicas para o alinhamento de estratégias e determinação de parâmetros de valoração desses bens, de interesse tanto de protetores ambientais quanto de poluidores.

³ MOUTINHO et al (2012, p.45): Pelo chamado Mapa do Caminho de Bali (*Bali Roadmap*), lançado após a COP 13, ficou definido que REDD deveria envolver ações de (1) redução de emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal nos países em desenvolvimento, (2) conservação florestal, (3) manejo sustentável das florestas e (4) aumento dos estoques de carbono das florestas nos países em desenvolvimento. A conjunção dessas quatro ações define hoje o que se conhece por REDD *plus* (REDD+).

Mesmo sem a consolidação da legislação nos âmbitos nacional e internacional, alguns estados brasileiros já possuem essas políticas formatadas e contam com projetos piloto de REDD+ e pagamento por serviços ambientais (PSA). Tramitam no Congresso Nacional projetos de lei que tratam especificamente do tema, de interesse dos agentes protetores de florestas que tem assumido unilateralmente esses custos. Existem, por outro lado, os agentes interessados em compensar as emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa (GEE) provenientes de seus investimentos, dentre indústrias, energia, transportes, etc.

Diante da rápida expansão das cidades e do crescimento demográfico, não há como explorar os atributos da floresta e da terra, ignorando a poluição antrópica advinda da cidade. A sociedade urbana convive com a poluição industrial e a poluição causada pelos transportes urbanos, normalmente representados por frotas de ônibus movidos a combustíveis fósseis. O Relatório, Novos Cenários Climáticos, divulgado em 2007 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, em *inglês Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) informa que o aumento de CO₂ na atmosfera ocorre principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis (IPCC, 2007, p.3).

No que tange às emissões veiculares brasileiras, em 2007 a Confederação Nacional de Transportes (CNT) lançou o Programa Ambiental do Transporte - Despoluir, que busca a redução de emissão de poluentes, incentiva o uso de energia limpa e a gestão ambiental nas empresas de transportes, nas garagens e nos terminais. Recebem o Selo do Programa Despoluir aquelas empresas que estiverem com seus veículos dentro dos padrões de emissão (CNT, 2012).

O Brasil, gradativamente vem substituindo o uso de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos, principalmente pelos agrocombustíveis. Em 2009, segundo relatório final do Ministério do Meio Ambiente (MMA) a frota brasileira emitiu cerca de 170 milhões de toneladas de CO₂, sendo que 14% foram de responsabilidade dos ônibus urbanos. As estimativas para o ano de 2020 revelam que esse percentual deverá reduzir para 10% (MMA, 2011, p.66).

Nos termos do Protocolo de Quioto, instrumento que oficializou o mercado internacional de carbono a partir 2005, projetos que utilizam mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) tanto em áreas urbanas como rurais, resultam em preservação ambiental, renda e promoção social à comunidade, além de créditos de carbono. Porém, os projetos florestais,

tanto no mercado regulado onde está inserido o MDL, quanto no voluntário, ainda tem baixa representatividade junto ao mercado de carbono.

Os números do mercado mundial de carbono (regulado e voluntário) dependem do comportamento de países que cumprem metas de redução e de gestores governamentais e empresariais que buscam compensar voluntariamente as emissões de suas empresas. Um total de 10,3 bilhões de tCO₂e (toneladas de CO₂ equivalentes) proveniente principalmente de projetos não florestais foi comercializado no mercado em 2011, entre reduções, permissões, remoções e compensações, totalizando US\$176 bilhões. No mercado voluntário foram negociados 87 milhões de t/CO₂e, correspondentes a US\$569 milhões (KOSSOY e GUIGON, 2012, p.10).

Se por um lado, proprietários de reservas florestais protegem suas florestas evitando derrubadas, queimadas, roubos, etc, de outro, por força da legislação e/ou da consciencia ambiental ou mesmo como estratégia de *marketing*, gestores públicos e privados promovem a compensação de emissões de suas empresas. Essas compensações ocorrem através da aquisição de títulos de carbono e/ou de reflorestamentos de áreas rurais ou urbanas. A título de exemplo, instituições como o Sebrae Cuiabá/MT (TAKIZAWA, 2011), Unimed Cuiabá/MT (BORGES, 2011), Secopa/MT (AMORIM, 2012), realizam seus inventários de emissões, cujas compensações são efetivadas através do plantio de árvores em áreas de preservação permanente (APP) de propriedades rurais às margens de rios matogrossenses.

Neste contexto, objetiva-se, especificamente nesta pesquisa, estimar o sequestro de CO₂ das espécies florestais de uma área localizada no município do Dom Aquino, estado de Mato Grosso. Visa ainda confrontar essa remoção florestal de CO₂ com as emissões de CO₂ da frota de ônibus urbano que circula no município de Varzea Grande/MT, bem como da frota que faz o transporte intermunicipal Varzea Grande - Cuiabá/MT.

1.REFERENCIAL TEÓRICO

As atividades de projetos de florestamento e reflorestamento, contempladas pelo Protocolo de Quioto no âmbito do MDL consideram como depósitos ou reservatórios de carbono (C), a biomassa viva acima do solo (caules, galhos, folhas), a biomassa viva abaixo do solo (raízes), a serapilheira (restos de vegetais que se acumulam no solo), a madeira morta

e o carbono orgânico do solo, conforme publicado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) no MDL Guia de Orientação (FRONDIZI, 2009, p.105).

A estimativa da remoção de CO₂ na implantação e no monitoramento desses projetos florestais demanda a aplicação de metodologias ou modelos econométricos que resultem em respostas confiáveis, passíveis de certificação. Portanto, para estimar o CO₂ removido pelas plantas há que se mensurar inicialmente sua biomassa arbórea. A biomassa é “utilizada para estimar os estoques de C dos reservatórios que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂” (HIGUCHI et al., 1998, p.154).

O recurso utilizado para mensurar biomassa arbórea tem sido a Alometria, descrita por Tito et.al., (2009, p.51) como sendo o “estudo dos padrões de crescimento dos seres vivos e a proporcionalidade entre razões específicas ou relativas de crescimento”. Higuchi et al., (1998); Tito et al., (2009) citam os métodos direto e indireto para gerar ou selecionar equações alométricas que mensuram a biomassa acima e abaixo do solo, para se chegar ao estoque de carbono (C) desses reservatórios e, conseqüentemente, ao CO₂ removido da atmosfera.

Para construir ou gerar equações alométricas que possibilitem medir a biomassa dos compartimentos das árvores (troncos, galhos, folhas, raízes, etc) é necessário a destruição desses indivíduos florestais. Por outro lado, é possível localizar na literatura equações alométricas já prontas, as quais possibilitam estimar a biomassa pelo método indireto, com uso de variáveis como o diâmetro à altura do peito (DAP) e altura das árvores, sem a destruição das mesmas. Tito et al., (2009, p.28), descrevem ambos os métodos, direto e indireto:

O método direto (ou destrutivo), utilizado para a construção de equações alométricas e fatores de expansão da biomassa, consiste em cortar um ou mais indivíduos (árvores), determinar a biomassa através do peso direto de cada um dos componentes (fuste, ramos e folhas) e extrapolar os resultados para a área total. Já o método indireto consiste em utilizar equações ou fatores de expansão que permitam relacionar algumas dimensões básicas obtidas em campo (de fácil medição) com características de interesse...

(HIGUCHI et al., 1998), citado por Pessoa et al., (2012) através do método direto, testaram modelos estatísticos e geraram equações para estimar a biomassa individual de árvores em pé, na Amazônia. Utilizaram amostra composta por 315 árvores com DAP \geq 5cm, que foram derrubadas, pesadas, secadas e medidas. Dessa forma, obtiveram variáveis como massa fresca, massa seca e C. Observaram que 60,2% do peso fresco arbóreo correspondem

ao peso seco e o teor de C representa em média 48% do peso seco (troncos e galhos grossos). Testaram modelos estatísticos utilizando como variável dependente o peso fresco (P) e, como variáveis independentes, altura (H) e DAP. Afirmam os autores que, de modo geral, os modelos testados podem ser utilizados para estimar biomassa de árvores em pé da área de estudo. As equações geradas a partir dos modelos logarítmicos 1 e 2 estão expostas abaixo (HIGUCHI et al., 1998, p.161):

Modelo 1:

(a) $\ln P = -1,754 + 2,665 \ln D$; para $5 \leq DAP < 20\text{cm}$

(b) $\ln P = -0,151 + 2,170 \ln D$; para $DAP \geq 20\text{cm}$

Equação única: $\ln P = -1,497 + 2,548 \ln D$; para $DAP \geq 5\text{cm}$

Modelo 2:

(a) $\ln P = -2,668 + 2,081 \ln D + 0,852 \ln H$; para $5 \leq DAP < 20\text{cm}$

(b) $\ln P = -2,088 + 1,837 \ln D + 0,939 \ln H$; para $DAP \geq 20\text{cm}$

Equação única: $\ln P = -2,694 + 2,038 \ln D + 0,902 \ln H$; para $DAP \geq 5\text{cm}$

As equações a e b do Modelo 1 foram utilizadas pelo MCTI para estimativa de biomassa florestal, na elaboração tanto do 1º quanto do 2º Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2004, p.23; MCTI, 2010, p.234).

Lima et al., (2005) em Inventário Florestal Contínuo em Áreas Manejadas e Não Manejadas do Estado do Amazonas, também utilizaram as equações a e b do modelo 1 para estimativa de biomassa fresca. Utilizaram o fator 0,60 para conversão de biomassa fresca em seca e, 0,50 para conversão de massa seca em C. Concluíram que o estoque médio de C para indivíduos com $DAP \geq 10\text{cm}$ foi de $157,84 \text{ t.C.ha}^{-1}$ e em indivíduos com $5 \leq DAP < 10\text{cm}$ o estoque foi de $4,8 \text{ t.C.ha}^{-1}$.

(VELASCO e HIGUCHI, 2009, p.137) em estimativa de seqüestro de C de mata ciliar: Projeto Pomar, São Paulo, utilizaram as equações alométricas únicas dos modelos 1 e 2, para estimativa do peso fresco. A equação única do modelo 1 foi utilizada especificamente para estimativa do peso fresco das palmeiras. Utilizaram o fator 0,60 para conversão de peso fresco em peso seco e 0,48 do peso seco em C. Nesse Projeto Pomar, as estimativas de C foram de $145,26 \text{ t de C ha}^{-1}$.

Pessoa, et al., (2012) também utilizaram as equações únicas dos modelos 1 e 2, para estimativa de peso fresco em projeto AFFEMAT, onde estimaram o C de florestas nativas e exóticas, inclusive palmeiras, convertendo-o em CO_2 . Concluíram que espécies arbóreas de

uma área de 100m² de APP removem 739,5kg/C/ano, equivalente a 2,71t/ CO₂/ano. Quando estenderam a área para 01 ha, a remoção se ampliou para 73,9t/C/ano, equivalente a 271t/CO₂/ano.

Quanto ao fator de conversão de C em CO₂, consta em nota de rodapé do Relatório Novos Cenários Climáticos (IPCC, 2007, p.3) que uma emissão de 1GtC (gigatonelada de C) corresponde a 3,67GtCO₂ (gigatoneladas de CO₂). Esse valor é obtido em razão dos pesos moleculares de cada elemento, conforme equação: CO₂ = C x 44/12, cujos pesos moleculares constam em IPCC (2006, p.5.11).

Do exposto, verifica-se que para estimar o CO₂ removido ou sequestrado pelos reservatórios de C da planta há que se obter, antes, o peso de sua biomassa, extraindo-se dessa biomassa o peso do C. Posteriormente, faz-se a conversão de C em CO₂, utilizando-se o fator 3,67. (PESSOA, et al., 2012) utilizam este fator multiplicativo para quantificar o C na forma de CO₂.

2. METODOLOGIA

2.1 LOCAL DA PESQUISA

O local de estudo consiste em uma área de reserva florestal de 188 hectares, inserida no bioma Cerrado, localizado no Vale do Rio São Lourenço, no Município de Dom Aquino em Mato Grosso (PURISSIMA, 2012), cujas coordenadas são 15°36'08.19"S e 54°55'02.44"O. Além dos dados coletados na visita in loco ocorrida em setembro de 2011, diversos atributos ambientais foram observados na APP, como flora e fauna protegidas, diversidade genética, fonte de água mineral, beleza cênica, etc. A figura 1 mostra o local onde foram extraídas as amostras para análise, próximo ao parque industrial de exploração de água mineral:

Figura 1 - Delimitação da área de APP, onde foram extraídas as Amostras.



Fonte: Google

Para extração das amostras delimitou-se, ao acaso, duas parcelas de 4mx25m, conforme mostram os retângulos em cor acentuada na figura 1, método descrito por Averalo et al. (2002). Estas parcelas representaram a totalidade da área, onde foi realizado o inventário florestal, medindo-se a circunferência à altura do peito (CAP) e altura das árvores. Empregou-se fita métrica e trena metálica para medição de CAP e altura, inclusive de árvores inclinadas e caídas por força do vento e do tempo. A altura de espécies mais altas foi estimada em função da altura dessas árvores inclinadas e/ou caídas. Foram selecionadas espécies com CAP>15cm para ambas as áreas e, transformadas CAP em diâmetro à altura do peito (DAP) através da fórmula $DAP = CAP/\pi$, (VELASCO; HIGUCHI, 2009, p.137).

2.2 MÉTODO INDIRETO E EQUAÇÃO ALOMÉTRICA

Adotou-se o método indireto de estimativa de biomassa, optando pela equação única do modelo 2, desenvolvida por Higuchi et al., (1998), utilizada por Velasco; Higuchi, (2009, p.137). Essa equação permite trabalhar com árvores de $DAP \geq 5\text{cm}$, bem como a inserção das variáveis DAP e altura coletadas a campo, evitando a destruição dos indivíduos arbóreos pesquisados. Foram adotados os fatores de conversão do peso fresco em peso seco (0,60) e do peso seco em C (0,48) utilizados por Velasco; Higuchi (2009):

Modelo 2

Equação única: $\ln P = -2,694 + 2,038 \ln D + 0,902 \ln H$; para $DAP \geq 5 \text{ cm}$

Onde:

\ln = Logaritmo Natural

P = Peso Fresco, em Kg;

D = Diâmetro à altura do peito, em cm;

H = Altura total da árvore, em metros.

Após as estimativas de biomassa e C, fez-se a conversão para CO₂ através da multiplicação pelo fator 3,67. Tanto as estimativas quanto as conversões foram elaboradas em planilhas do programa Excel. A conversão em CO₂ foi necessária para fins de confrontação com as emissões da frota de ônibus de Varzea Grande/MT.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

As amostras de ambos os retângulos demarcados na floresta apresentaram 25 indivíduos arbóreos com DAP \geq 5cm. Na época da pesquisa, nem todos apresentavam flores e frutos, razão pela qual não foi possível identificar em laboratório suas respectivas famílias e espécies. CAP, DAP, Altura e algumas famílias estão relacionados na tabela 1:

Tabela 1 - Número, Família, CAP, DAP (D) e Altura dos indivíduos arbóreos.

Número do indivíduo	Família	CAP (cm)	DAP - D (cm)	Altura (m)
1	Apocynaceae	37	11,8	10
2	Leguminosae-Mimosoideae	83	26,4	12
3	Rubiaceae	30	9,6	9
4	Bignoniaceae	22,5	7,2	7
5	Anacardiaceae	57	18,2	10
6	Bignoniaceae	49	15,6	12
7	Dilleniaceae	21	6,7	8
8	Rubiaceae	62	19,7	15
9	Chrysobalanaceae	19	6,1	9
10	Dilleniaceae	21	6,7	4,5
11	Anacardiaceae	68	21,7	20
12	-	80	25,5	20
13	-	35	11,1	15
14	-	32	10,2	13
15	-	29	9,2	13
16	-	22,5	7,2	10
17	-	70	22,3	18
18	-	17	5,4	7
19	-	26	8,3	12
20	-	74	23,6	25
21	-	35,5	11,3	25
22	-	27	8,6	15
23	-	19	6,1	10
24	-	47	15,0	20

25	-	56	17,8	25
----	---	----	------	----

Fonte: Dados coletados in loco; Famílias: identificadas em laboratório do Univag.

Observa-se na tabela 1 que os 25 indivíduos selecionados na amostra para representar a área total, apresentaram diâmetro razoavelmente pequeno, variando entre 5,4cm a 26,4cm, fato que se justifica pelas características das espécies, representativas do bioma Cerrado.

Depois de aplicada a equação alométrica para cada um dos 25 indivíduos chegou-se ao resultado do peso fresco, onde 60% desse peso foram convertidos em peso seco e, 48% em C. Na tabela 2 estão os resultados das estimativas de peso fresco, peso seco e da remoção de C em uma área de 200m². A conversão do C em CO₂ para áreas de 200m² e 10.000m² (01 hectare) consta da última coluna:

Tabela 2 – Peso Fresco, Peso Seco, Remoção média de C e de CO₂ em Áreas de 200m² e 10.000m² (1 ha).

Número de Indivíduo	Peso Fresco (kg)	Peso seco (kg)	C		CO ₂	
			kg/ano	t/ano	t/ano	
			200m ²		200m ²	10.000m ²
1	82,3	49,4	23,7	0,024	0,09	4,35
2	503,2	301,9	144,9	0,145	0,53	26,59
3	48,8	29,3	14,1	0,0014	0,05	2,58
4	21,6	13,0	6,2	0,006	0,02	1,14
5	198,5	119,1	57,2	0,057	0,21	10,49
6	171,9	103,1	49,5	0,050	0,18	9,09
7	21,2	12,7	6,1	0,006	0,02	1,12
8	339,6	203,8	97,8	0,098	0,36	17,95
9	19,2	11,5	5,5	0,006	0,02	1,02
10	12,6	7,6	3,6	0,004	0,01	0,67
11	531,4	318,9	153,1	0,153	0,56	28,09
12	740,1	444,1	213,2	0,213	0,78	39,11
13	105,9	63,5	30,5	0,031	0,11	5,60
14	77,5	46,5	22,3	0,022	0,08	4,10
15	63,4	38,1	18,3	0,018	0,07	3,35
16	29,9	17,9	8,6	0,009	0,03	1,58
17	512,7	307,6	147,6	0,148	0,54	27,09
18	12,2	7,3	3,5	0,004	0,01	0,65
19	47,3	28,4	13,6	0,014	0,05	2,50
20	772,2	463,3	222,4	0,222	0,82	40,81
21	172,8	103,7	49,8	0,050	0,18	9,13
22	62,4	37,4	18,0	0,018	0,07	3,30
23	21,2	12,7	6,1	0,006	0,02	1,12

24	250,3	150,2	72,1	0,072	0,26	13,23
25	437,5	262,5	126,0	0,126	0,46	23,12
Total	5.255,9	3.153,5	1.513,7	1,514	5,56	277,8

Fonte: Estimativa efetuada pelos autores

A metodologia utilizada proporcionou uma estimativa de remoção de 5,56t/CO₂/ano na área de amostragem inicial, conforme apresentado na tabela 2. Observa-se que maior remoção de CO₂ ocorreu com os indivíduos de número 02, 11, 12, 17 e 20, que apresentam maior diâmetro e maior altura. Por outro lado, a menor remoção ficou por conta dos indivíduos de números 4, 7, 9, 10, 16, 18 e 23, com menor diâmetro e menor altura.

Estendendo-se a área de amostragem para 01 ha (um hectare) com o número proporcional de indivíduos (1.250 árvores) chega-se ao total de 277,8t/CO₂/ano. Por oportuno, a tabela 3 mostra esta e outras estimativas em áreas específicas:

Tabela 3 - Extensão da área de amostragem com o número proporcional de indivíduos arbóreos e as estimativas médias de Remoção de CO₂

Área Florestal (Cerrado) Dom Aquino/MT		Nº de Indivíduos	Remoção t/CO ₂ /ano
Área m ²	Área hectare ha		
10.000	1,0	1.250	277,8
100.000	10,0	12.500	2.778
200.000	20,0	25.000	5.556
300.000	30,0	37.500	8.334
400.000	40,0	50.000	11.112
500.000	50,0	62.500	13.890
600.000	60,0	75.000	16.668
700.000	70,0	87.500	19.446

Elaborada com base em dados da tabela 2.

Observa-se nas abstrações da tabela 3 que 40 hectares de floresta do Cerrado, com 50.000 árvores removem em média 11.112 toneladas de CO₂/ano. Expandindo as estimativas para área de 70 hectares com 87.500 árvores, as remoções se ampliam para 19.446 toneladas/ano.

3.1 REMOÇÕES X EMISSÕES DE CO₂

Para fins de observar a contribuição de florestas do Cerrado da região de Dom Aquino/MT em compensar as emissões de CO₂ da frota de ônibus que circula no perímetro urbano de Várzea Grande/MT e na rota intermunicipal Varzea Grande/Cuiabá, faz-se a seguir um confronto entre a quantidade de CO₂ sequestrada na área de estudo e a quantidade emitida de CO₂ pelos 170 carros da frota.

As informações sobre a frota, consistente em número de carros, quilometragem rodada/mês e consumo de óleo diesel (média de 2,0 km/litro) foram extraídas mediante pesquisa por telefone junto ao setor de manutenção da empresa responsável pelo transporte, bem como junto ao portal da Associação Matogrossense de Transportes Urbanos (AMTU, 2012). As emissões da frota foram estimadas aplicando-se o fator 2,671 kg/CO₂ por litro de diesel consumido, nos termos do 1º Inventário Nacional de Emissões Veicular (MMA, 2011, p.35). A tabela 4 mostra a quilometragem rodada e o consumo mensal, bem como as estimativas médias de emissões de CO₂ mensais e anuais de um carro e de toda frota:

Tabela 4 - Média mensal de quilometragem rodada, consumo de óleo diesel, emissões mensais e anuais de CO₂ da frota (Varzea Grande e intermunicipal)

Frota de Ônibus	Emissões	Km/mes	Consumo Diesel l/mes	Emissões t/CO ₂ /mes	Emissões t/CO ₂ /ano
Várzea Grande/MT	01 carro	8.144	4.072	10,9	131
	78 carros	635.224	317.612	848,3	10.180
Intermunicipal: Varzea Grande/Cuiabá	01 carro	6.143	3.071	8,2	98
	92 carros	565.190	282.595	754,8	9.058
Total	170 carros	1.200.414	600.207	1.603	19.238

Elaborada pelos autores

No confronto com as emissões da frota, a tabela 4 mostra que menos de 01 hectare, ou seja, 8.243m² de floresta no bioma Cerrado são suficientes para remover as emissões anuais de 02 carros da frota, totalizando 229t/CO₂, um circulando durante um ano em Varzea Grande e outro fazendo o transporte intermunicipal até Cuiabá. Essas e outras abstrações são mostradas na tabela 5, considerando a remoção de 277,8t/CO₂/ano por hectare (10.000m²):

Tabela 5 - Confronto: Emissões da Frota x Área Florestal

	Emissões	Área Florestal para Remoção
--	----------	-----------------------------

Frota	t/CO ₂ /ano		
	A	A*10.000/277,8 B	B/10.000 C
2 carros	299	8.243 m ²	0,8243ha
78 carros	10.180	366.450m ²	36,6ha
92 carros	9.058	326.062m ²	32,6ha
170 carros	19.238	692.512m ²	69,2ha

Elaborada pelos autores

A tabela 5 mostra que são necessários 36,6ha de florestas para remover as emissões anuais de toda a frota urbana de Várzea Grande (78 carros), consistente em 10.180t/CO₂, bem como outros 32,6ha para remover as emissões do transporte intermunicipal (92 carros) que emitem 9.058t/CO₂/ano. Conclui-se, portanto, que são necessários 69,2ha de florestas para remover as emissões anuais de toda a frota, consistente em 170 carros emitindo 19.238t/CO₂/ano.

Ressalta-se, entretanto, que os resultados deste trabalho são conservadores, tendo em vista que a metodologia foi aplicada para estimar as remoções somente da biomassa aérea das árvores, excluindo as remoções dos demais reservatórios de carbono.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É eminente a iniciativa de alguns segmentos empresariais em proteger o meio ambiente através da redução de emissões de gases poluentes em seus processos produtivos, ou da compensação dessas emissões via pagamento aos agentes protetores de áreas florestais. Neste sentido, buscou-se na presente pesquisa estimar o seqüestro de CO₂ e a contribuição para a preservação do clima, de uma área de florestal com 188 ha localizada no município de Dom Aquino/MT.

Dentre as metodologias para se estimar o seqüestro florestal de carbono, optou-se pelo método não destrutivo indireto através das equações alométricas gerada por Higuchi, et al., (1998). Trabalhando com uma área de amostragem de 200m² composta por 25 indivíduos arbóreos com DAP ≥5, chegou-se a remoção de 5,56t/CO₂/ano. Quando se estendeu a área da amostra para 01 hectare, as estimativas de remoção de CO₂ se expandiram para 277,8t/ha/ano. Em outras abstrações, observou-se que 40 hectares da floresta sob estudo, com 50.000 árvores removem em média, 11.112t/CO₂/ano e 70 hectares com 87.500 árvores removem 19.446t//ano.

No confronto com as emissões de CO₂ pela frota de ônibus urbano e intermunicipal de Várzea Grande/MT conclui-se que menos de 01 ha de floresta, ou seja, 8.243m² são suficientes para remover as emissões anuais de 02 carros da frota, totalizando 229t/CO₂, um circulando durante um ano no perímetro urbano de Varzea Grande e outro fazendo o transporte intermunicipal. Por oportuno, são necessários 36,6ha de florestas para remover as emissões dos 78 carros da frota que circulam no perímetro urbano de Varzea Grande/MT consistente em 10.180t/CO₂, bem como outros 32,6 hectares para remover as emissões do transporte intermunicipal (92 carros) que emitem 9.058 toneladas de CO₂/ano.

Conclui-se, finalmente, que são necessários 69,2ha de florestas no bioma Cerrado, no município de Dom Aquino/MT, para remover as 19.238t/CO₂ emitidas anualmente pelos 170 carros que compõem atualmente a frota.

Sugere-se por fim, aos empresários das iniciativas públicas e privadas, cujas empresas emitem gases poluentes em seus processos produtivos, que façam a compensação dessas emissões. No caso da emissão de CO₂, as compensações são executadas através do reflorestamento e/ou manutenção de reservas florestais, parques urbanos, praças e outras unidades de conservação, ou através do pagamento aos agentes protetores da floresta, para que continuem prestando esses serviços ambientais à sociedade.

REFERENCIAS

AMORIM, R. *Projeto para neutralização de carbono da Arena Pantanal é destaque em seminário sobre economia verde*. Disponível em: <<http://www.mt.gov.br/conteudo.php?sid=176&cid=75633&parent=0>>. Acesso em: mai. 2012.

ASSOCIAÇÃO MATOGROSSENSE DE TRANSPORTE URBANO (AMTU). *Frota*. Disponível em: <<http://www.amtu.com.br/Institucional/0,3,0,0,0,7/Frota.html>>. Acesso em: mar. 2012.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J.M. *Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra*. Embrapa Florestas. Documentos, 73, 2002.

BORGES, P. H. S. *Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa Corporativas* - Unimed. Disponível em: <http://www.unimedcuiaba.com.br/portal2/teste/inventario_emissao_efeito_estufa.pdf> Acesso em: jun. 2012

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). *Programa Despoluir*. Disponível em: <<http://cnt.org.br/Paginas/Despoluir.aspx>> e <<http://www.cntdespoluir.org.br/Lists/Contedos/DispForm.aspx?ID=7>>. Acesso em: jul. 2012;

FRONDIZI, I. *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Guia de Orientação* - 2009. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2009a, 136p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R., J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. **Biomassa da parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra Firme da Amazônia Brasileira.** *Acta Amazônica*. V.28, N.2, p. 153-166, 1998.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Relatório Novos Cenários Climáticos.** Divulgado em Paris em 02.2.2007. Versão em português, iniciativa Ecolatina. Disponível em: <<http://www.ecolatina.com.br/pdf/IPCC-COMPLETO.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

KOSSOY, Alexandre; GUIGON, Pierre. **State and Trends of the Carbon Market, 2012. Washinton, DC. Carbon Finance at the World Bank.** *May 2012*. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State_and_Trends_2012_Web_Optimized_19035_Cvr&Txt_LR.pdf>. Acesso em jun.2012.

LIMA, A. J. N. TEIXEIRA, L.,M.; CARNEIRO, V., M., C.; PINTO, A., C., M; PINTO, A., R.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. **Inventário Florestal Contínuo em Áreas Manejadas e Não Manejadas do Estado do Amazonas.** 2005. Disponível em Escola Superior Agrária de Coimbra. Disponível em: <<http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T2-43.pdf>>. Acesso em: nov. 2011.

MINISTÉRIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **1º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referencia - Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono por Conversão de Floresta e Abandono de Terras Cultivadas,** 2004, p.23. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24593.pdf>. Acesso em: fev. 2012.

_____. **2º Inventário de Emissões Antrópicas por Fonte e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal – Parte II,** p.234, 2010. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214061.pdf. Acesso em: abr. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários.** *Relatório Final.* Janeiro, 2011, p.66. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf>. Acesso em: abr. 2012.

_____. **Serviço Florestal Brasileiro, Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010.** Brasília: SFB, 2010, 152p.

MOUTINHO, P.; STELLA, O.; LIMA, A.; Christovam, M.; ALENCAR, A.; CASTRO I.; NEPSTAD, D. **REDD no Brasil, Um enfoque Amazônico.** IPAM, 3ª ed. Brasília/DF, 2012.

PESSOA, S. G.; BARBOSA, I., A.; KEUNECKE, L, F.; GOMES, D., A.; COCCO, M., L.; MACENA, D., R. **Sequestro Florestal de CO₂ em Clube Campestre: Opção para Compensação de Emissões de Frota de Ônibus Urbanos.** *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.5, n.1, p. 205-224, jan./abr. 2012.

PURÍSSIMA. **A Empresa.** Disponível em: <<http://www.purissima.com.br/empresa/>>. Acesso em: nov. 2011

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE (SEMA/MT). **Desmates por Municípios, 2007.** Disponível em:

<http://www.sema.mt.gov.br/images/stories/templates/Desmate_por_Munic_ate_2007.jpg>. Acesso em: jun. 2011.

SILVA, J. **Participantes de congresso em MT plantam mudas para compensar CO₂.** Disponível em:

<<http://www.mt.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal=678&cod=10049449&indice=90>>,
acesso em: fev. 2012

TAKIZAWA, A. F. B. **Relatório de compensação de emissões de CO₂: Feira do Empreendedor**. Cuiabá – MT. 30p. Cuiabá, 2011.

TITO, M. R.; LEÓN, M., C.; PORRO, R. **Manual Técnico 11. Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. ICRAF/ Consórcio Iniciativa Amazônica (IA) Belém, PA: Alves. ISBN: 978-92-9059-248-8. 2009, 81p.

UN-REDD Programme Framework Document. **UN Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (UN-REDD)**. FAO, UNDP, UNEP Framework Document, 20 June 2008. Disponível em: <<http://www.un-redd.org/AboutUNREDDProgramme/tabid/583/Default.aspx>>. Acesso em: abr. 2012

VELASCO, Giuliana Del Nero; HIGUCHI, Niro. **Estimativa de Sequestro de Carbono em mata ciliar: Projeto POMAR, São Paulo (SP)**. *Âmbio: Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, PR, v. 5, n. 1, p.135-141, 01 jan. 2009.