

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO BARBOSA LORENA

ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO ADVINDA DO
CORTE DE ÁRVORES ISOLADAS NA FAZENDA BARREIRO NO MUNICÍPIO
DE LIMEIRA DO OESTE-MG

CURITIBA,
2020

RODRIGO BARBOSA LORENA

ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO ADVINDA DO
CORTE DE ÁRVORES ISOLADAS NA FAZENDA BARREIRO NO MUNICÍPIO
DE LIMEIRA DO OESTE-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador (a): Prof. Dra. Ana Paula Dalla Corte
Coorientador (a): Dra. Pamela Moser

CURITIBA,
2020

AGRADECIMENTOS

A Deus que me abençoou com a oportunidade de concluir essa especialização, à Santa Maria minha mãe imaculada.

Agradeço aos meus pais Gaston Batista Lorena e Marli Pereira Barbosa Lorena que sempre me apoiaram na formação profissional. Agradeço ao meu irmão Ricardo Barbosa Lorena pelo apoio na conclusão desta especialização.

À professora e orientadora Dra. Ana Paula Dalla Corte que se dispôs a me orientar, sempre com dedicação e compartilhando o seu conhecimento.

À professora e co-orientadora Dra. Pamela Moser que se dispôs a me orientar e foi de suma importância para a conclusão deste TCC.

À Cedro Consultoria e Gestão Ambiental pela ajuda no inventário florestal que possibilitou desenvolver a presente pesquisa.

Ao curso de especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, na pessoa do seu coordenador Prof.Ph.D. Carlos Roberto Sanquetta, pelo apoio recebido.

Muito Obrigado!

De longe – lá no horizonte -, parece que o céu se junta com a terra. Não esqueças que, onde de verdade a terra e o céu se juntam, é no teu coração de filho de Deus.

São Josemaria Escrivá

RESUMO

O século XX foi marcado por um intenso crescimento econômico e de urbanização no mundo e o Brasil também seguiu a tendência mundial. Como consequência, os padrões de produção e consumo foram alterados e passaram a impactar o meio ambiente com o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Nas últimas décadas tem crescido a preocupação da sociedade e de entidades governamentais e não-governamentais com a preservação do meio ambiente. O Brasil é um país que tradicionalmente possui uma vocação agrícola, sendo essa atividade umas das principais responsáveis pelas emissões de GEE. Dentre as culturas utilizadas na agricultura, a cana de açúcar é uma das mais tradicionais, com a crise do petróleo na década de 70, o cultivo de cana de açúcar para produção de etanol ganhou novo impulso. Uma das primeiras medidas que antecede o cultivo dessa cultura é o corte seletivo de árvores isoladas. A fim de avaliar as emissões de dióxido de carbono advinda do corte de árvores para o plantio de cana de açúcar foi realizado o inventário na área da Fazenda Barreiro no município de Limeira do Oeste, estado de Minas Gerais. A Fazenda Barreiro é uma propriedade com uma área total de 74,01 hectares, sendo que 57,20 hectares foram avaliados neste estudo, devido ao corte de árvores isoladas. No inventário foi catalogado o nome das espécies com nome científico e família botânica, foi medido a circunferência a altura do peito (CAP) e altura comercial, foi realizado cálculo do rendimento lenhoso, sendo encontrada a densidade básica em literatura científica, encontrado o peso da madeira foi multiplicado pelo teor de carbono estocado de 49% e por 3,6667 para encontrar o CO_{2eq}. Por fim, conclui se que, as emissões de GEE advinda do corte de 90 árvores ou 1,58 indivíduos arbóreos por hectare com rendimento de material lenhoso de 116,22 m³ foi de 132,99 t de CO₂ com média de 2,33 t de CO₂ por hectare e que para realizar as medidas compensatórias para poderem zerar essas emissões será necessário o plantio de 659 árvores nativas.

Palavras-chave: Cana de açúcar, carbono, árvores, material lenhoso, compensação ambiental.

ABSTRACT

The twentieth century was marked by intense economic growth and urbanization in the world and Brazil also followed the world trend. As a consequence, the production and consumption patterns were changed and started to impact the environment with the increase in the emission of greenhouse gases (GHG). In the last decades, the concern of society and governmental and non-governmental entities with the preservation of the environment has grown. Brazil is a country that traditionally has an agricultural vocation, this activity being one of the main responsible for GHG emissions. Among the crops used in agriculture, sugar cane is one of the most traditional, with the oil crisis in the 1970s, the cultivation of sugar cane for ethanol production gained new momentum. One of the first measures that precede the cultivation of this culture is the selective cutting of isolated trees. In order to assess GHG emissions from cutting trees for planting sugar cane, an inventory was carried out in the Fazenda Barreiro area in the municipality of Limeira do Oeste, state of Minas Gerais. Fazenda Barreiro is a property with a total area of 74.01 hectares, of which 57.20 hectares were evaluated in this study, due to the cutting of isolated trees. In the inventory, the name of the species with scientific name and botanical family was cataloged, the circumference at breast height (CAP) and commercial height were measured, the woody yield was calculated, the basic density was found in scientific literature, the weight of the wood was multiplied by the stored carbon content of 49% and by 3,6667 to find CO₂eq. Finally, it is concluded that the GHG emissions from the cutting of 90 trees or 1.58 tree individuals per hectare with wood material yield of 116.22 m³ was 132.99 t CO₂ with an average of 2.33 t of CO₂ per hectare and that to carry out the compensatory measures to be able to zero these emissions, it will be necessary to plant 659 native trees.

Keywords: Sugarcane, carbon, trees, woody material, environmental compensation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.2 COLETA DE DADOS	13
3.3 CÁLCULO DO RENDIMENTO DE MATERIAL LENHOSO.....	15
3.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA, BIOMASSA E CARBONO.....	16
3.5 CÁLCULO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 QUANTIDADE DE ÁRVORES CORTADAS	17
4.2 EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DOS CORTES DE ÁRVORES	18
4.3 PROPOSTA DE COMPENSAÇÃO.....	21
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	24

1. INTRODUÇÃO

O progresso humano ocorreu de forma lenta em grande parte da história, mas adquiriu uma dimensão exponencial nas últimas sete décadas, com a aceleração das atividades antrópicas do pós-guerra (MARTINE e ALVES, 2015). Como consequência dessa aceleração econômica, os ecossistemas passaram a ser perturbados, alterados ou destruídos a um ritmo jamais atingido na história, visando satisfazer uma procura crescente de produtos alimentares, água potável, madeira, fibra e energia (SANTOS, 2009).

A importância com as questões ambientais começou a partir da década de 60, diante do crescimento econômico tiveram início os debates sobre o uso dos recursos naturais, devido ao perigo de poluição e a crise do petróleo na década de 70 (SEVERO e GUIMARÃES, 2014).

Essa preocupação com o meio ambiente pode ser observada em diferentes esferas, e em nível nacional e internacional. Uma constatação dessa preocupação está contemplada na constituição federal, que no seu capítulo VI dedicado ao meio ambiente dispõe:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Em nível internacional, o Quinto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (AR5) afirma que o aquecimento global é uma realidade e reafirma com ainda mais convicção a influência humana nas alterações observadas no clima (IPCC, 2013). As mudanças climáticas causariam impactos para setores vitais da economia, relacionados à disponibilidade de recursos hídricos, geração de energia, produtividade agrícola e para as populações das cidades costeiras (CMMC 2013).

As emissões de GEE tem aumentado nas últimas décadas “as emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE), entre 1970 e 2004, cresceram 70% (PBMC, 2014). Diante desse cenário 195 países se comprometeram a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, firmando o Acordo de Paris.

O Brasil apresentou suas contribuições nacionalmente determinadas (NDC) com o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030 (NDC, 2016).

O setor de mudança de cobertura da terra é responsável por 27,5% das emissões totais de CO_{2eq} (MCT, 2016). Isso se deve a aptidão agrícola do Brasil, onde 7,6% do seu território é utilizado para produção de culturas (NASA, 2017) totalizando 63.994.479 hectares. Dentre as culturas plantadas e segundo a companhia nacional de abastecimento 8.590.000 hectares é destinado ao plantio de cana de açúcar, considerando a safra 2018/2019 (CONAB). O Brasil responde por cerca de 61,8% das exportações mundiais de açúcar, o estado de São Paulo possui a maior produção de cana de açúcar, em seguida aparecem Goiás e Minas Gerais (FONTANETTI e BUENO 2017).

Uma das primeiras ações que antecede o preparo do solo para o plantio de cana de açúcar é o corte de árvores isoladas para proporcionar melhor aproveitamento da área na qual deverá ser realizado o plantio dessa cultura.

No entanto, é importante destacar que o corte de árvores provoca um aumento da quantidade de CO₂ liberado para a atmosfera, devido à queima ou decomposição natural do material lenhoso. Além disso, a retirada de árvores implica na diminuição da fixação de CO₂ da atmosfera, ou seja, quanto menos árvores, menos CO₂ sendo absorvido (OLIVEIRA JUNIOR, 2003).

A Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, atribui aos municípios a possibilidade de promover o licenciamento ambiental das atividades ou empreendimentos e autorizações de supressão de vegetação:

Art.9, inciso XIV, alínea “a”, que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, conforme tipologia definida pelos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente, considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade;

XV - observadas as atribuições dos demais entes federativos previstas nesta Lei Complementar, aprovar:

a) a supressão e o manejo de vegetação, de florestas e formações sucessoras em florestas públicas municipais e unidades de conservação instituídas pelo Município, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs); e

b) a supressão e o manejo de vegetação, de florestas e formações sucessoras em empreendimentos licenciados ou autorizados, ambientalmente, pelo Município.

Art. 18. Esta Lei Complementar aplica-se apenas aos processos de licenciamento e autorização ambiental iniciados a partir de sua vigência. § 2º Na hipótese de que trata a alínea “a” do inciso XIV do art. 9º, a aplicação desta Lei Complementar dar-se-á a partir da edição da decisão do respectivo Conselho Estadual.

No estado de Minas Gerais a deliberação normativa COPAM nº 213, de 22 de fevereiro de 2017, regulamenta o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” e no art. 18, § 2º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será atribuição dos Municípios. De acordo com essa lei, o município de Limeira do Oeste passou a emitir autorizações de corte seletivo de árvores isoladas.

A idéia de desenvolvimento sustentável fundamenta-se na economia, cuidado com a ecologia, cultura, política e meio ambiente. Todos esses itens possuem diferentes preocupações, mais objetivos em comum (DRUNN, 2011), tudo isso considerando a necessidade do equilíbrio entre desenvolvimento e preservação. Diante da importância das emissões de gases de efeito estufa decorrente do corte de árvores isoladas são necessário medidas de mitigação dessas emissões.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar as emissões de dióxido de carbono provenientes do corte de árvores isoladas para o plantio de cana de açúcar, na Fazenda Barreiro, no município de Limeira do Oeste (MG) e a quantidade de árvores que seriam necessárias para realizar a compensação ambiental das emissões de dióxido de carbono.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular o rendimento do material lenhoso das árvores isoladas que foram cortadas.
- Estimar as emissões de dióxido de carbono provenientes do corte dessas árvores isoladas.
- Propor uma compensação ambiental baseada nas emissões de dióxido de carbono.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Limeira do Oeste está localizado no pontal do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais, com população estimada de 7.536 habitantes (IBGE, 2019). A economia é baseada em atividades agrossilvopastoris com destaque para a cana de açúcar.

O clima da região é tropical semi seco, com pluviosidade média anual de 1.300 a 1.450 mm (NOVAIS et al., 2018). Os solos predominantes no município são Latossolo vermelho distrófico típico, com textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical relevo suave ondulado (LVd1) e Gleissolo melânico distrófico típico A proeminente textura argilosa (GMd4) (IDE-SISEMA, 2019).

A área está localizada dentro do Bioma Mata Atlântica. Esse bioma apresenta elevada biodiversidade, com interesses difusos e coletivos sua preservação, conforme a Constituição Federal está inserido na categoria de Patrimônio Nacional (PERES, 2010). Ressalta-se que apesar da propriedade estar dentro do Bioma Mata Atlântica, a vegetação local apresenta características de vegetação do Bioma Cerrado, devido a transição entre os dois biomas.

A área selecionada para o estudo está localizada na Fazenda Barreiro, coordenadas geográficas 19°21'27.20"S e 50°35'22.45"O (Google Earth 2019), na zona rural do município de Limeira do Oeste(Figura 1). A fazenda tem como objetivo o plantio de cana de açúcar em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela DN COPAM nº 217/2017. A propriedade tem área total de 74,01 hectares, sendo que 57,20 hectares serão avaliados neste estudo, referentes à área onde ocorreu o corte seletivo de árvores isoladas.

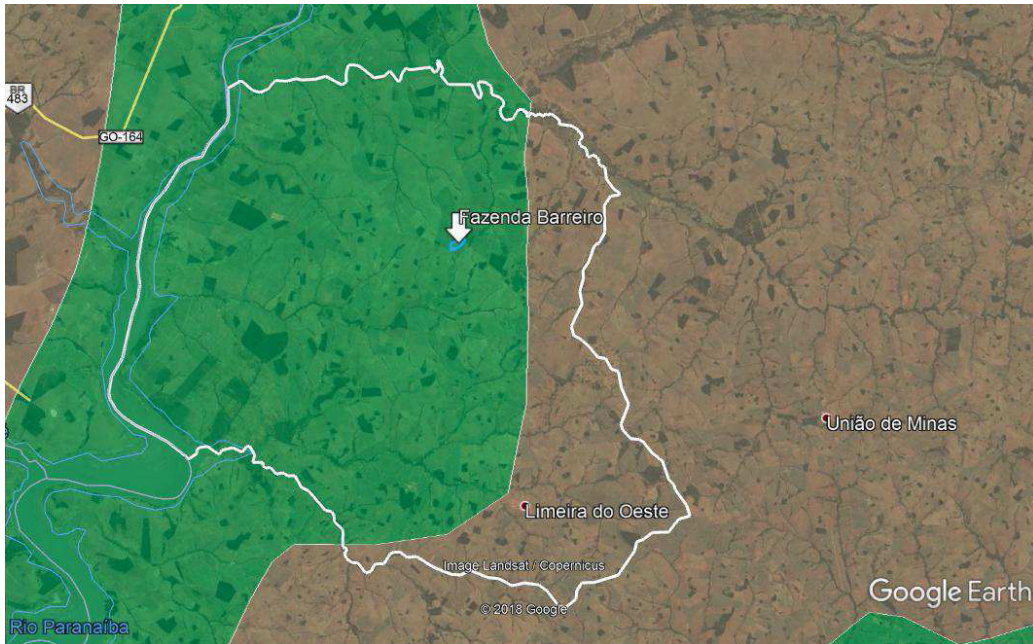


FIGURA 1. Localização da Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG. Áreas em verde representam o bioma Mata Atlântica e em marrom o bioma Cerrado. (Fonte: Google Earth 2019).

3.2 COLETA DE DADOS

O estudo foi realizado através da aplicação de um censo florestal, com levantamento de todos os indivíduos isolados presentes na área alvo da intervenção ambiental, que totaliza 57,20 hectares (Figura 2).



FIGURA 2. Área de supressão da vegetação arbórea (destacada em azul), na Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG. (Google Earth 2019).

Em cada um dos 90 indivíduos a serem cortados foi realizada a identificação da espécie. O nome científico e a respectiva família botânica foram corrigidos no site da Flora do Brasil. Foi medido a circunferência à altura do peito (CAP), a 1,30 metros de altura, com auxílio de uma fita métrica, evitando defeitos e protuberâncias.

Os seguintes critérios foram utilizados para a medição da CAP:

- > **Árvore normal:** medição do CAP mantendo a fita ou trena na posição horizontal em relação ao solo;
- > **Árvore em terreno inclinado:** medição da CAP pelo ponto mais elevado do terreno;
- > **Árvore inclinada:** CAP tomado com fita métrica em orientação perpendicular ao eixo do tronco da árvore;
- > **Árvore com bifurcação abaixo de 1,30 metro:** serão considerados a circunferência de dois fustes;
- > **Árvore com bifurcação acima de 1,30 metro:** será considerada uma árvore e medido a CAP normalmente;
- > **Árvore com deformações no ponto de medição:** o ponto de medida será considerado um pouco acima da região defeituosa.

A influência da correta medição do diâmetro a altura do peito (DAP) é bastante expressiva, pois o diâmetro é elevado ao quadrado e, quando se calcula a área transversal, o erro será também aumentado, por isso a medição deve ser a mais precisa possível.



FIGURA 3. Inventário florestal realizado no local do corte de árvores isoladas na Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG.

Para medir a altura comercial (Hc) foi utilizada uma trena fita Métrica Ponta Imantada.

Foram amostrados todos os indivíduos com diâmetro igual ou superior a 5 cm ($DAP \geq 5$ cm). O censo foi realizado em uma área de 57,20 hectares, foram definidos pela equipe técnica *in loco*, de acordo com as situações e respeitando a heterogeneidade florística e densidade da vegetação.

3.3 CÁLCULO DO RENDIMENTO DE MATERIAL LENHOSO

Para o cálculo do volume da madeira (rendimento lenhoso) foi utilizado a equação volumétrica específica para nativas da fitofisionomia local para Campo Cerrado, de Soares et al. (2012), porque a vegetação apresenta características do Bioma Cerrado:

- Volume (m^3) com casca do Fuste:

$$VFCC=0,000315 \times DAP^{1,746205} \times Hc^{0,274972}$$

- Volume (m^3) com casca do Galho:

$$VGCC= 0,000003 \times DAP^{3,512808} \times Hc^{-0,101337}$$

Onde:

DAP: diâmetro com casca

Hc: altura comercial

3.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA, BIOMASSA E CARBONO

Para a determinação da densidade básica foi feita pesquisa com diversos autores, os valores se encontram na Tabela 2.

Obtidos o volume do material lenhoso e a densidade básica da madeira foi possível encontrar os valores da biomassa lenhosa aérea seca, informação essa que está na Tabela 2.

A indicação padrão do IPCC (2006) para teor de carbono na biomassa em floresta tropical ou subtropical para DAP maior que 10 cm é de 49%.

3.5 CÁLCULO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO

Para calcular as emissões de CO₂ foi feito o seguinte cálculo:

Volume estimado da madeira (m³) x Densidade básica da madeira (kg/m³).

Biomassa (kg) x Teor de carbono (49%/100).

Carbono estocado (kg) x CO_{2e} (3,6667).

Com isso chega-se ao valor das emissões de CO_{2e} na Fazenda Barreiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUANTIDADE DE ÁRVORES CORTADAS

Foram levantadas na área 90 árvores isoladas em 57,20 hectares. Quanto ao rendimento do material lenhoso, foi computado o valor de total de 116,22 m³, ou seja, 2,03 m³.ha⁻¹.

Tabela 1. Lista das espécies na área de supressão de árvores isoladas, na Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG.

Família	Nome científico	Nome popular	Grau de ameaça	Número de árvores	Situação
Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	Guatambu-do-cerrado	Lc	7	Sr
Bignoniaceae	<i>Tabebuia avellanedae</i> Toledo.	Ipê Roxo	Ne	4	Sr
	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico	Ne	2	Sr
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Óleo-de-Copaíba	Ne	4	Sr
	<i>Dipteryx alata</i> Vogel.	Baru	Lc	14	Sr
Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferu</i> L.f.	Bálsamo	Lc	1	Sr
	<i>Sclerolobium aureum</i> var. <i>Velutinum</i> Benth.	Sucupira preta	Ne	4	Sr
Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaudich. ex B. D. Jackson	Moreira	Ne	1	Sr
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Figueira	Ne	3	Sr
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	Cambuí	Lc	1	Sr
Não indentificada				1	Sr
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i> L.	Cebolão	Ne	2	Sr
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	Bate Caixa	Ne	2	Sr
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica de porca	Ne	5	Sr
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra-do-cerrado	Ne	39	Sr

Proib: Proibido; Lc: Pouco preocupante; Sr: Sem restrição; Ne: Não avaliada.

A espécie mais abundante foi *Qualea grandiflora*, com 39 indivíduos, com uma média de 0,68 árvores por hectare, enquanto *Copaifera langsdorffii* foi que obteve maior porte, com média de 5,4 metros por indivíduo. Espécies arbóreas protegidas por lei quanto à imunização ao corte, como *Caryocar*

brasiliense (Pequizeiro), *Handroanthus albus* (Ipê-amarelo), *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) e *Astronium graveolens* (Gonçalo Alves) não foram encontradas na área de estudo.

4.2 EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DOS CORTES DE ÁRVORES

Tabela 2. Densidade básica da madeira (kg/m³), volume do rendimento lenhoso (m³) e o cálculo do peso da madeira (kg) por espécie, calculados para árvores isoladas cortadas na Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG. O teor de carbono de 49% foi computado com base no IPCC 2006.

Espécie	Nº Indivíduos	Densidade Básica (kg/m³)	Fonte da densidade Básica	Volume lenhoso com casca (m³)	Peso da madeira com casca (kg)
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan.	2	1.050	Williams et al. (2001)	2,13	2.236,50
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	7	500	Neto et al. (2015)	10,20	5.100,00
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg.	1	760	Lorenzi (1998)	1,55	1.178,00
<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaudich. ex B. D. Jackson	1	880	Lorenzi (1992)	1,09	959,20
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	4	700	Lorenzi (1992)	7,87	5.509,00
<i>Dipteryx alata</i> Vogel.	14	1.100	Sano et al. (2004)	17,30	19.030,00
<i>Ficus insipida</i> Willd.	3	380	Parolin e Ferreira (1998)	3,96	1.504,80
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	1	950	Lorenzi (1992)	1,75	1.662,50
<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	2	430	Vale et al. (2002)	2,76	1.186,80
<i>Phytolacca dioica</i> L.	2	730	Horak (1980)	2,76	2.014,80
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	39	480	Machado Neto et al. (2015)	48,07	23.073,60
<i>Sclerolobium aureum</i> var. <i>Velutinum</i> Benth.	4	610	Machado Neto et al. (2015)	4,89	2.982,90
<i>Tabebuia avellaneda</i> Toledo.	4	1.030	Lorenzi (1992)	4,88	5.026,40
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	5	440	Missio et al. (2017)	5,81	2.556,40

A espécie que obteve um maior rendimento de material lenhoso é a *Qualea grandiflora* com 48,07 m³, média de 0,84 m³ por hectare, a espécie com maior densidade na madeira é *Dipteryx alata* com 1.100 kg/m³.

Tabela 3. Cálculo do CO_{2e} emitido por espécie advinda do corte seletivo de áreas isoladas na Fazenda Barreiro, município de Limeira do Oeste, MG. Multiplica-se o carbono estocado pelo valor de CO_{2e} 3,6667 conforme (SANQUETTA ET AL. 2014) encontrando o valor de CO_{2e} por espécime (kg).

Espécie	Nº de Indivíduos	Carbono estocado (kg)	CO _{2e} por espécime (kg)
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan.	2	1.095,89	4.018,28
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	7	2.499,00	9.163,08
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg.	1	577,22	2.116,49
<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaudich. ex B.D. Jackson	1	470,01	1.723,38
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	4	2.699,41	9.897,93
<i>Dipteryx alata</i> Vogel.	14	9.324,70	34.190,88
<i>Ficus insipida</i> Willd.	3	737,35	2.703,65
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	1	814,63	2.986,99
<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	2	581,53	2.132,30
<i>Phytolacca dioica</i> L.	2	987,25	3.619,96
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	39	11.306,06	41.455,94
<i>Sclerolobium aureum</i> var. <i>Velutinum</i> Benth.	4	1.461,62	5.359,33
<i>Tabebuia avellanadae</i> Toledo.	4	2.462,94	9.030,85
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	5	1.252,64	4.593,04
Total das emissões de CO _{2e}			132992,09

As emissões advindas do corte seletivo de árvores isoladas na Fazenda Barreiro somadas totalizaram 132,99 t de CO₂, média de 2,33 t de CO₂ por hectare. A espécie que apresentou maior emissão foi a *Qualea grandiflora* com 41,46 t e a menor emissão foi à espécie *Chlorophora tinctoria* com 1,72 t.

O corte de árvores isoladas para o plantio de cana de açúcar faz com que se emita carbono tanto com o corte e degradação das árvores isoladas, como com o seu crescimento interrompido quando a planta utiliza o carbono para cumprir suas funções metabólicas. Por outro lado, diante da necessidade de substituição de combustíveis fósseis por renováveis, “a cana-de-açúcar é uma cultura com grande potencial de utilização através da produção do álcool combustível e da cogeração de energia através do uso do uso do bagaço em caldeiras (RESENDE et al., 2001)”, o que colabora na redução de emissões de gás carbônico.

Com a expansão da fronteira agrícola pelo plantio de cana de açúcar pode se constatar que “o setor contribui para o crescimento dos municípios onde as usinas estão instaladas, eleva o Produto Interno Bruto, gera empregos diretos e indiretos, auxiliando na promoção do desenvolvimento local (LIBONI e CEZARINO, 2012)”. O desenvolvimento econômico é fundamental para os municípios e sua população, porém deve vir acompanhado de sustentabilidade, buscando sempre o equilíbrio entre o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente. Neste contexto, destaca-se o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar de 2009 (Decreto nº 6.961, de 17 de Setembro de 2009), que traz três diretrizes ambientais importantes: 1) não adentrar na região Amazônica e na 2) região da Bacia do Alto Paraguai; e 3) não permitir o desmatamento de remanescentes florestais para o plantio de cana-de-açúcar.

Estima-se que a expansão da cana de açúcar pode vir a ser de até seis vezes a área cultivada atualmente, segundo os critérios estabelecidos pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar no Brasil (ZAE Brasil) e espera-se que as novas áreas de plantio sejam restritas a locais de pastagens (RIBEIRO et al., 2015). Essas medidas protegem a floresta nativa, contemplando a diretriz citada acima, no entanto não considera os impactos advindos do corte de árvores isoladas. Considerando a quantidade de áreas previstas para o plantio de cana-de-açúcar, e o aumento da emissão de gases de efeito estufa, que causam mudanças no clima, fica clara a necessidade de medidas compensatórias visando minimizar os impactos advindos do corte das árvores isoladas.

4.3 PROPOSTA DE COMPENSAÇÃO

A compensação ambiental das emissões de dióxido de carbono, totais ou parciais é uma medida voluntária, que busca neutralizar as emissões através da remoção ou redução externa (NUNNENKAMP e CORTE, 2017). Um dos meios de compensação da emissão de dióxido de carbono é através do plantio de florestas.

A proposta de compensação ambiental será a de plantio florestal, será utilizado dois cenários o de plantio de florestas nativas, visando à recuperação ambiental de áreas degradadas, devido o bioma mata atlântica já estar altamente alterado é de grande relevância medidas que visem a sua recuperação e o de floresta comercial onde existe a possibilidade de comercialização da madeira. A partir do levantamento de emissões de GEE advinda do corte de árvores isoladas da Fazenda Barreiro foi possível estimar o número de árvores necessárias para compensar o impacto ambiental das emissões.

Foram utilizados cenários florestais desenvolvidos por Flizikowski (2012) conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4. Cenários para compensação de emissões de GEEs.

Modelo	Espécie	Espaçamento	Anos	Área (ha)	Árvores
A	<i>Eucalyptus</i>	2,5 m x 2,5 m	7	818	1.242.917
B	<i>Eucalyptus</i>	3,0 m x 2,0 m	7	797	1.211.303
C	<i>Eucalyptus</i>	3,0 m X 3,0 m	7	1045	1.102.282
D	<i>Pinus</i>	2,5 m x 2,5 m	20	226	362.292
E	<i>Pinus</i>	3,0 m x 2,0 m	20	223	339.464
F	<i>Pinus</i>	3,0 m X 3,0 m	20	263,5	278.070
G	Nativa	3,0 m x 2,0 m	17	368	590.311

Fonte: Flizikowski (2012).

Flizikowski (2012) realizou uma pesquisa cuja emissão total foi de 119.174,21 tCO_{2e}, sendo que a quantidade de árvores e as emissões totais de dióxido de carbono foram identificadas, calculou-se o fator de fixação de carbono.

$$Ff = Et/N$$

Ff = fator de fixação de carbono (tCO_{2e}/árvore); Et = emissão total (tCO_{2e}); e N = número de árvores a serem plantadas.

A partir do inventário de emissões de dióxido de carbono, foi possível calcular o número de árvores necessárias para compensar as emissões. Os fatores de fixação da Tabela 5 foram calculados com base em Flizikowski (2012), conforme demonstrado na Tabela 4.

O número de árvores a serem plantadas considerou as emissões totais que foram calculadas no inventário de emissões da Fazenda Barreiro de 132,99 t de CO₂.

Tabela 5. Fatores de fixação de carbono e número de árvores a serem plantadas.

Modelo	Fator de fixação de carbono (tCO_{2e} por árvore)	Número de árvores a serem plantadas
A	0,0958	1.388
B	0,0983	1.353
C	0,1080	1.231
D	0,3286	405
E	0,3507	379
F	0,4282	311
G	0,2017	659

Entre os modelos com plantio de *Eucalyptus* e *Pinus* apresentam a vantagem econômica com a possibilidade do aproveitamento econômico do material lenhoso. O plantio com as espécies de florestas nativas apresenta a vantagem de proporcionar a recuperação de um bioma no caso em questão o da Mata Atlântica.

5. CONCLUSÃO

Em face dos resultados obtidos é possível constatar que o corte de 90 árvores isoladas realizado na Faz. Barreiro em uma área de 57,20 hectares para o plantio de cana de açúcar, com um rendimento do material lenhoso de 116,22 m³ levou a uma emissão de 132,99 t de CO₂, média de 2,33 t de CO₂ por hectare. Para realizar a compensação voluntária dessas emissões visando neutralizá-las foram realizados alguns modelos de plantio.

A partir dos modelos propostos, o empreendedor poderá escolher qual desses modelos de compensação ambiental se enquadra na sua possibilidade, ou o plantio comercial ou de espécies nativas. Para a compensação de floresta nativa que seria em vista da recuperação ambiental do bioma em que ocorreu a supressão será necessário o plantio de 659 árvores nativas conforme modelo G da Tabela 5, tendo em vista de realizar a compensação ambiental das emissões de dióxido de carbono e o aproveitamento econômico do material lenhoso o modelo C da Tabela 5 apresenta uma necessidade de plantio de *Eucalyptus* de 1.231 árvores e o modelo F da Tabela apresenta uma necessidade de plantio de *Pinus* de 311 árvores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. Constituição - Planalto. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**, 5 Outubro 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 31 Julho 2019.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **DECRETO Nº 6.961, DE 17 DE SETEMBRO DE 2009.**, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm>. Acesso em: 12 Outubro 2019.

BRASIL. LEI COMPLEMENTAR Nº 140. **Competência do Município ao dispor sobre licenciamento ambiental**, Brasília, DF, 8 Dezembro 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp140.htm>. Acesso em: 16 Julho 2019.

BRASIL. COMISSÃO MISTA PERMANENTE SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – CMMC. **LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**, 2013. Disponível em: <http://www.senado.leg.br/comissoes/CMMC/Livro_legislacao_ambiental_Completo_Final_17_09_2013.pdf>. Acesso em: 01 Agosto 2019.

BRASIL. PRETENDIDA CONTRIBUIÇÃO NACIONALMENTE DETERMINADA. **PARA CONSECUÇÃO DO OBJETIVO DA CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**, 2016. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf>. Acesso em: 2 Outubro 2016.

CHANGE, T. P. S. B. C. O. W. G. I. T. T. F. A. R. O. T. I. P. O. C. **INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2013 the Physical Science Basis**. [S.l.]. 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA Cana de Açúcar. **OBSERVATÓRIO AGRÍCOLA**, Brasília, v. 5, n. 4, p. 1-75, Abril 2019. ISSN 2318-7921.

DRUNN, K. C.; GARCIA, H. M.; UNIC, F. P. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E GESTÃO AMBIENTAL NAS ORGANIZAÇÕES. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DA EDUVALE**, Vale de São Lourenço-Jaciara/MT, p. 59-68, 2011. ISSN 1806-6283.

FABRICIO, H. R. et al. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS DECORRENTES DO DESENVOLVIMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE MARICÁ. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 180, 2018.

FLIZIKOWSKI, L. C. **Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso**. Universidade Federal do PaParaná. Curitiba, p. 132. 2012.

FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal 6, 2017.

FREITAS, V. P. A desejada e complexa conciliação entre desenvolvimento econômico e proteção do meio ambiente no Brasil. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 4, n. 1, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 2019, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/limeira-do-oeste/panorama>>. Acesso em: 06 Outubro 2019.

IDE-SISEMA 2019 - INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. IDE-Sisema. **IDE-Sisema: WebGIS**, 2017. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: 06 Outubro 2019.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Agriculture, Forestry and Other Land Use**. London: Report produced by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) on the invitation of the United Nations Framework Convention on Climate Change, v. IV, 2006.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 202-230, Janeiro/Junho 2012. ISSN ISSN 2175-5825.

LORENZI, H. **ÁRVORES BRASILEIRAS Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, v. I, 1992.

LORENZI, H. **ÁRVORES BRASILEIRAS Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, v. II, 1998.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade. **R. bras. Est. Pop**, Rio de Janeiro, p. 28, 2015.

MEYER, E. A. **PRODUÇÃO DE MADEIRA EM REGIME DE TALHADIA NA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL**. UNIVERISDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. SANTA MARIA, p. 108. 2015.

MINAS GERAIS. DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 213, DE 22 DE FEVEREIRO DE 2017. **Regulamenta o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” e no art. 18, § 2º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será atribuição dos Muni**, Belo Horizonte, 22 Fevereiro 2017. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=43778>>. Acesso em: 15 Julho 2019.

MINISTERIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÃO (MCTIC). ESTIMATIVAS ANUAIS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL 3º edição, 2016. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/Estimativas_3ed.pdf>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

MISSIO, F. D. F. et al. ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM LAGES - SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 215-224, Janeiro-Março 2017. ISSN ISSN 1980-5098.

NASA (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION) USGS (SCIENCE FOR A CHANGING WORLD). Global Food Security-Support Analysis Data at 30 m. **Western Geographic Science Center**, 2017. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/wgsc/science/global-food-security-support-analysis-data-30-m?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em: 05 Outubro 2019.

NETO, A. D. P. M. et al. DENSIDADE E PODER CALORÍFICO COMO BASE PARA PREVENÇÃO DE INCÊNCIOS FLORESTAIS SOB LINHAS DE TRANSMISSÃO. **Nativa Sinop Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. III, p. 10-15, Jan./Mar. 2015. ISSN ISSN: 2318-7670.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. D. O. UNIDADES CLIMÁTICAS DO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, n. 14, p. 223-243, Julho/Dezembro 2018. ISSN ISSN: 2237-8642.

NUNNENKAMP, C. H.; CORTE, A. P. D. EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E PROPOSTA DE PROJETO PARA COMPENSAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO E-COMMERCE. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, v. II, n. 1, p. 69-77, Maio 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, H. A. D. O. **O SEQÜESTRO DE CARBONO PARA O COMBATE AO EFEITO ESTUFA**. Faculdade da Região dos Lagos - FERLAGOS. UBERABA, p. 35. 2003.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMATICAS**. 1ª Edição. ed. Rio de Janeiro: [Bustamante, M. M. C., Rovere E.L.L, (eds.), v. Volume 3 - Primeiro relatório de avaliação nacional, 2014.

PAROLIN, P.; FERREIRA, L. V. ARE THERE DIFFERENCES IN SPECIFIC WOOD GRAVITIES BETWEEN TREES IN VÁRZEA AND IGAPÓ (CENTRAL AMAZONIA)? **Ecotropica** 4, p. 25-32, 1998.

PERES, C. S. A PREVISÃO CONSTITUCIONAL DO BIOMA MATA ATLÂNTICA. **Revista Brasileira de Direito Constitucional – RBDC** , p. 109-119, 2010.

RESENDE, A. S. D. et al. Efeito Estufa e o Seqüestro de Carbono em Sistemas de. **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica – RJ, n. 133, p. 1-23, Março 2001. ISSN ISSN 1517-8498.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. D. **Baru: biologia e uso**. 1º Edição. ed. Planaltina DF: Serviço Grafico da Embrapa Cerrados, 2004.

SANQUETTA, C. R. et al. **FLORESTA COM ARAUCÁRIA E SUAS TRANSIÇÕES: PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO**. Curitiba: Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD/CNPq) , 2014.

SANTOS, F. D. Os Desafios Ambientais Criados pela Grande Aceleração do Pós-Guerra. **Nação e Defesa**, Lisboa, v. 4, n. 122, p. 61-78, 2009.

SEVERO, E. A.; GUIMARÃES, J. C. F. D. Desenvolvimento Sustentável: Premissas, Realidade e Novas Perspectivas. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, p. 15, 2014.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. D. P.; SOUZA, A. L. D. **DENDROMETRIA E INVENTÁRIO FLORESTAL**. 2º Edição. ed. Viçosa: UFV - Univerisdade Federal de Viçosa, 2012.

VALE, A. T. D.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA E CASCA DE ESPÉCIES DO CERRADO. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002. ISSN ISSN 0103-9954.

WILLIAMS, R. S.; MILLER, R.; GANGSTAD, J. CHARACTERISTICS OF TEN TROPICAL HARDWOODS FROM CERTIFIED FORESTS IN BOLIVIA PART I WEATHERING CHARACTERISTICS AND DIMENSIONAL CHANGE. **Wood and Fiber Science**, Madison, p. 618-626, 2001. ISSN WI 53705-2398.

