

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA FLORESTAL

**BALANÇO DE CARBONO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
MADEIRA DE REFLORESTAMENTO NO CERRADO DO
NORTE DE MINAS GERAIS**

CIRO LUIZ LACERDA DE SOUZA



Ciro Luiz Lacerda de Souza

**BALANÇO DE CARBONO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MADEIRA DE
REFLORESTAMENTO NO CERRADO DO NORTE DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Stanley Schettino

Montes Claros

2019

Ciro Luiz Lacerda de Souza. BALANÇO DE CARBONO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO NO CERRADO DO NORTE DE MINAS
GERAIS

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Edy Eime Pereira Barauna – ICA/UFMG

Marilda Teixeira Mendes – ICA/UFMG



Prof. Stanley Schettino – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 11 de junho de 2019.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consumo de combustível do processo florestal em área de cerrado, por grupos de atividades, em litros por hectare.....	13
Quadro 1 - Descrição das atividades analisadas.....	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade média (PM, em horas máquina por hectare), consumo (CC, em litros por hora máquina) e gasto de combustível (GC, em litros por hectare) das atividades avaliadas.....12

Tabela 2 - Estoque de CO₂ (toneladas por hectare) na biomassa aérea dos plantios de eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais.....13

RESUMO

Partindo da premissa de que os reflorestamentos se apresentam como alternativa para o sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas, este estudo objetivou avaliar as emissões e imobilizações de carbono do processo produtivo das florestas plantadas no cerrado de Minas Gerais, bem como realizar um balanço desse processo. Os dados foram coletados em áreas de uma empresa florestal localizada nas regiões do Jequitinhonha e do São Francisco, Estado de Minas Gerais. Na área de estudo, as florestas são, em sua totalidade, cultivadas com eucaliptos em povoamentos de clones híbridos (*Eucalyptus urophilla* x *E. grandis*) com produtividade média de 245 m³/ha, em regime de alto fuste com rotação de 7 anos de idade, espaçamento 3 x 3 m e índice médio de sobrevivência de 95%, sempre em relevo plano a suave ondulado. Foram avaliadas todas as atividades presentes no ciclo de produção de madeira de florestas plantadas no cerrado de Minas Gerais: silvicultura, colheita, gestão e transporte. A determinação do consumo de combustível por atividade foi a partir da produtividade média de cada atividade (horas de máquina por hectare) e o volume de combustível consumido por unidade de potência por hora de trabalho (litros por hora) o que, por relação direta, permitiu a obtenção do consumo de combustível por atividade (litros por hectare) durante o ciclo de produção da madeira. Assumiu-se que, em termos médios, o teor de carbono presente na biomassa total seca da árvore foi de 46,3% e que uma tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂. Para determinar a quantidade de CO₂ resultante da queima do combustível necessário ao processo de produção florestal, adotou-se que são emitidos uma média de 3,2 kg de CO₂ na atmosfera. Para a estimativa do balanço de carbono foi calculada a diferença entre o carbono imobilizado por um hectare de floresta plantada, durante o ciclo de produção de 7 (sete) anos e considerando o volume de madeira médio por hectare, e a somatória de toda a emissão de carbono necessário para sua produção durante o mesmo ciclo. Nas condições em que esse estudo foi conduzido, concluiu-se que para a produção de florestas plantadas na região do Cerrado Mineiro, considerando um ciclo de 7 anos e todas as atividades desde o plantio até o transporte da madeira, foram emitidas 15,40 t/CO₂ por hectare, cada hectare de floresta plantada, durante este mesmo ciclo, foi capaz de imobilizar 187,35 t/CO₂, que tais valores representam um balanço positivo de 171,95 t/CO₂ por hectare. Assim, os reflorestamentos no cerrado de Minas Gerais se apresentam como alternativa para o sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Florestas plantadas. Sequestro de carbono. Emissões atmosféricas. Mudanças climáticas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Processo Produtivo Florestal	3
2.2. Emissão de Poluentes em Máquinas Florestais e Veículos	4
2.3. Sequestro de Carbono em Florestas Plantadas	5
2.4. Balanço de Carbono	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Caracterização da Área de Estudo	8
3.2. Atividades Avaliadas	8
3.3. Determinação do Consumo de Combustível por Atividade	9
3.4. Determinação do Balanço de Carbono	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal Brasileiro conta com uma área com cerca de 8,0 milhões de hectares de reflorestamento, sendo responsável por 91% da madeira para fins industriais e representa 6,2% do PIB Brasileiro (IBÁ, 2017). Além disso, é um dos setores com maior potencial para a construção de uma economia “verde”, ou seja, ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável. A matéria prima oriunda desse setor é designada a uma gama de produtos como a celulose, carvão, painéis de madeira, móveis, artefatos, pisos laminados e entre outros, sendo produzida em praticamente todos os estados do Brasil.

Sob essa ótica, o cerrado tem se mostrado de grande importância no abastecimento da demanda de madeira para os mais diversos fins, a nível regional e nacional. Não apenas na contemporaneidade, mas, durante muitos anos vem representando uma das principais fontes de energia oriunda de biomassa florestal. Neste contexto, os plantios de espécies florestais ganham importante relevância visto que, de acordo com Lima (1997), uma de suas funções é diminuir a pressão e a necessidade de espécies nativas, preservando assim, as espécies do cerrado, em que, muitas vezes, se encontram em risco de extinção.

Como resposta às preocupações sobre o desmatamento global e o destino das florestas mundiais, o conceito da certificação surgiu então como uma forma de controle das práticas produtivas florestais, por meio da valorização, no mercado, dos produtos originados de manejo responsável das florestas, garantindo o bom manejo florestal, incorporando de forma igualitária os interesses de grupos sociais, ambientais e econômicos (FSC, 2019).

De acordo com Spathelf (2004), o ponto de partida para a certificação florestal nos anos 80 e 90 foi o aumento da destruição das florestas tropicais. A partir desse momento, os consumidores e o mercado, através de alertas, ficaram mais exigentes a respeito da qualidade dos produtos e também quanto à geração de impactos na cadeia produtiva. Sendo assim, surgiu a certificação florestal com a finalidade de certificar o manejo responsável das florestas.

Uma das alternativas para que se haja o manejo responsável é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), cujo objetivo é a mitigação global da emissão de gases lançados no planeta e, de forma conjunta, apoiar iniciativas que promovam o

desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento (MOTTA, 2000), garantindo o atendimento da crescente demanda por produtos de origem florestal.

Para atender ao aumento dessa demanda, em um cenário em que a mão-de-obra é cada vez mais escassa, a competitividade do setor é crescente e as exigências dos mercados consumidores globalizados se mostram mais rigorosas, a mecanização das atividades de produção de madeira tornou-se, dessa maneira, imprescindível para a sustentabilidade do negócio florestal. A meta, portanto, se baseia em minimizar os custos de produção, diminuir a dependência de mão-de-obra, aumentar a produtividade, reduzir índices de acidentes de trabalho e os danos ao meio ambiente, acrescido a isso, busca-se a garantia de um fluxo contínuo de abastecimento de madeira às unidades consumidoras (SCHETTINO, 2017).

Entretanto, embora a mecanização das atividades florestais represente importante evolução em termos econômicos e operacionais, verifica-se que o aspecto ambiental merece maior atenção, visto que são marcantes as atividades potencialmente poluidoras por conta do porte das máquinas, caminhões, veículos de apoio, entre outros, que compõem as mais diversas atividades do ciclo de produção florestal. Os gases emitidos pelo tubo de escapamento das máquinas e veículos são constituídos pelos produtos gerados durante reação de combustão incompleta que ocorre no motor, basicamente por monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos (HC) que são considerados gases poluentes (CARMO, 2016).

Por outro lado, as florestas plantadas oferecem grande potencial para imobilização do carbono atmosférico. Os reflorestamentos participam do ciclo de carbono por meio da troca de CO₂ com o ambiente através de processos de fotossíntese, respiração, decomposição e emissões associadas a distúrbios como fogo e à exploração florestal (SEDJO; MARLAND, 2003; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

Assim, partindo da premissa de que os reflorestamentos se apresentam como alternativa para o sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas, este estudo objetivou avaliar as emissões e imobilizações de carbono do processo produtivo das florestas plantadas no cerrado de Minas Gerais, bem como realizar um balanço desse processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Processo Produtivo Florestal

Os recursos florestais brasileiros estão sendo explorados desde a colonização do país e diversos fatores como o crescimento populacional, demanda de recursos florestais, desenvolvimento de tecnologias de utilização da madeira junto com a exploração de novas áreas por parte das atividades agrícola e pecuária fez com que as áreas florestais sofressem grande mudança no seu tamanho inicial. Por conta disso, é imprescindível aumentar a produção de florestas plantadas e também as melhorar a fim de garantir a disponibilidades desses recursos e também minimizar os impactos sobre as vegetações nativas (HACK, 2007).

Silvicultura, de acordo com a etimologia, é silvia (floresta) + cultura, ou seja, é a cultura da floresta e Lamprecht (1990) define essa ciência como o conjunto de todas as medidas que tendem a incrementar o rendimento das árvores até que se consiga um nível que permita um manejo sustentável.

A silvicultura no Brasil é composta por três fases: em que a primeira é a fase do descobrimento do país até o ano de 1965 que foi o ano anterior ao início dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento; a segunda fase ocorreu no período dos incentivos fiscais que se deu de 1966 até o ano de 1988 e a terceira fase foi do ano de 1989 até os dias atuais onde os reflorestamentos são feitos através de iniciativas privadas numa concepção com uma maior preocupação com eficiência e, assim, com os custo de produção e com a produtividade. Nos dias atuais a silvicultura brasileira é considerada como uma atividade moderna em que se busca a eficiência durante todos os ciclos (ANTONÂNGELO; BACHA, 1998).

Na segunda fase da silvicultura no Brasil que foi caracterizada pelos incentivos fiscais junto com o aumento das áreas de florestas plantadas, percebeu-se a necessidade de buscar sistemas de colheita que gerassem um maior rendimento, menor custo e melhor aproveitamento (MINETTE *et al.*, 2007). Desta forma, a mecanização da colheita florestal começou a ser estudada e atualmente as empresas agregam vários maquinários e equipamentos. Segundo Lima e Leite (2008), os principais tratores que compõem o cenário da colheita florestal são: o *Harvester*, o *Feller-buncher*, o *Slingshot* e a Garra traçadora, o *Forwarder*, o *Skidder* e o *Carregador florestal*.

A colheita florestal, de acordo com Rezende *et al.* (1983), é a atividade florestal que mais onera o custo de produção da madeira no Brasil e é processo bastante complexo por conta do grande número de variáveis que influenciam a produtividade e, assim, os custos operacionais. Também deve se considerar que, no ciclo florestal, as atividades de colheita e transporte são as etapas fundamentais sob a ótica econômica por conta de sua alta participação os custos finais, o que pode passar de 50%.

Segundo Berger *et al.* (2003), o transporte florestal está entre as atividades que mais geram custos no ciclo florestal tanto no Brasil como no exterior e para a sua escolha deve se considerar o sistema mecanizado que foi adotado na florestal juntamente com outros fatores.

2.2. Emissão de Poluentes em Máquinas Florestais e Veículos

Embora haja uma grande evolução dos processos florestais, a partir dos incentivos fiscais, a colheita florestal e suas demais operações ainda necessitam de alguns avanços tendo em vista o custo operacional elevado das máquinas e os impactos que podem ser causados. De acordo com Laschi *et al.* (2016) é necessário identificar e quantificar os danos ambientais que são causados pela colheita florestal e desta forma, será possível tomar medidas para a sustentabilidade ambiental.

Segundo Laschi *et al.* (2016), um subsistema de colheita florestal de toras curtas composto por *harvester* e *forwarder* emite em torno de 13 kg CO_{2eq}, por tonelada de madeira colhida, além de alguns gases poluentes como o óxido nitroso e o metano. A união desses gases pode provocar o agravamento do efeito estufa.

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CTESB, 2004), as emissões de gases poluentes oriundos de veículos e máquinas podem ser divididas nas seguintes categorias: gases e partículas para a atmosfera pelo escapamento do veículo; gases do cárter do motor; partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem; e emissões evaporativas do abastecimento de combustíveis.

Para que uma máquina ou um veículo fique em funcionamento é fundamental que se ocorra a combustão que é a junção química do O₂ do ar junto com o CO₂ e o H do combustível, junto com a liberação do calor, e desta forma, o aumento da

pressão pela mistura gasosa sobre o motor, gerando trabalho mecânico. A combustão nos motores vai gerar potência e além disso vai gerar gases nocivos (FIEDLER, 2019).

Os compostos de emissão, seja de motores de combustão a diesel, gasolina ou mista, pode ser agrupados em dois tipos: os que não causam danos à saúde (O_2 , CO_2 , H_2O e N_2); e os que apresentam perigos à saúde, estes divididos em compostos cuja emissão é regulamentada: CO, os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NO_x), os óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (MP); e os compostos cuja emissão não está regulamentada: aldeídos, amônia, benzeno, cianetos, tolueno, e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (BRAUN *et al.*, 2004).

As máquinas da colheita e do transporte florestal são majoritariamente máquinas pesadas e movidas a diesel e são estas responsáveis por grande parte da poluição gerada pela atividade florestal. Segundo Teixeira *et al.* (2008), os veículos pesados movidos a diesel são responsáveis pela maior parte das emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x), ao passo que os veículos leves, com motores de combustão a gasolina e a álcool, são os principais emissores de monóxido de carbono (CO) e de hidrocarbonetos.

2.3. Sequestro de Carbono em Florestas Plantadas

A vegetação, seja ela nativa ou plantada, desempenha uma função fundamental na regulação da concentração atmosférica de gás carbônico, tudo isso em função dos processos fotossintéticos, respiração, decomposição e no consumo/produção de quantidade relevantes de CO_2 , que é o gás mais importante relacionado com o efeito estufa e, desta forma, com o aquecimento global (SILVA, 2009). Os vegetais, utilizando-se de sua capacidade fotossintética, fixam o CO_2 atmosférico, biossintetizando-o na forma de carboidratos, e por fim é depositado na parede celular, processo conhecido como “sequestro” de carbono (RENNER, 2004).

Tecnicamente, sequestro de carbono é um processo que se dá para a remoção de gás carbônico ocorrendo principalmente nos oceanos, nos vegetais e em outros organismos que por meio da fotossíntese realizam a captura do gás carbônico e lançam o oxigênio na atmosfera. No caso dos vegetais e nas diferentes fitofisionomias esse processo só acontece quando as árvores do fragmento florestal estão em crescimento, servindo assim como sumidouro. Quando o fragmento atinge o clímax, as

espécies perdem o potencial de sequestro, porém permanecem com a função de estoque de carbono absorvido previamente na forma de madeira (ROCHA, 2003).

As florestas são o maior reservatório de carbono, contendo aproximadamente 80% de todo o carbono fixado na vegetação terrestre e cerca de 40% do carbono presente nos solos. Uma grande quantidade de carbono pode ser gerada para a atmosfera na transição de um tipo de floresta para outro se a mortalidade liberar carbono de forma mais rápida do que a regeneração e o crescimento possam absorver (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002).

O carbono se mantém fora da atmosfera enquanto estiver armazenado nos produtos florestais. As quantidades de carbono presente nos produtos florestais estão a aumentar cerca de 40 milhões de toneladas por ano e hoje em dia, os produtos florestais, armazenam globalmente, mais de 3 bilhões de toneladas de carbono (WBCSD, 2007). Assim, os reflorestamentos em larga escala podem se apresentar como uma opção viável para reduzir o agravamento da emissão dos gases de efeito estufa, através do armazenamento do carbono atmosférico (RENNER, 2004).

Junto com uma combinação de condições climáticas, biotecnologia e práticas de manejo florestal, os eucaliptos e pinheiros crescem todos os dias do ano fazendo com que a colheita ocorra a cada 6 ou 7 anos. As médias de crescimentos são de 5 a 10 vezes maiores e até 20 vezes, comparada as de florestas manejadas de clima temperado, portanto, o sequestro de carbono através de florestas plantadas no Brasil é altamente eficiente quando comparado a outros países (FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2019).

Dessa forma, o nosso país poderá assumir posição privilegiada sobre os países que querem reverter o processo de mudança climática global, tanto do ponto de vista de reduções das emissões quanto do sequestro de carbono das florestas, já que poucos países possuem condições climáticas e tecnológicas convenientes para a produção florestal como o Brasil (ROCHA, 2002).

2.4. Balanço de Carbono

O Balanço de Energia gira em torno da conservação na natureza que é uma característica importante da energia, em que a mesma é estabelecida na primeira lei da termodinâmica. Esse mesmo balanço acertado por essa lei é válido para o balanço de

carbono e portanto, torna-se possível elaborar um balanço de carbono e saber se o balanço é positivo ou negativo. No caso do balanço anual de um povoamento florestal, o resultado é normalmente positivo, ou seja, tirando as perdas de carbono pela respiração e mortalidade dos tecidos vegetais sobre o carbono estocado nos tecidos de longa duração e no solo, o saldo fica positivo (CORREIA *et al.*, 2006).

As atividades humanas com os diferentes usos da terra e com a queima de combustíveis fósseis junto com o desmatamento desenfreado são as principais causas do aumento em grande quantidade dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera. Os depósitos de dióxido de carbono na terra e nos oceanos são maiores que o dióxido de carbono estocado na atmosfera. Pequenas alterações nesses grandes depósitos podem causar efeitos expressivos na concentração atmosférica, por exemplo, se houver a liberação de 2% de carbono estocado nos oceanos a concentração de dióxido de carbono na atmosfera poderá dobrar (REZENDE, 2000).

Neste balanço global de carbono na atmosfera, o nosso planeta recebe, anualmente, 8 bilhões de toneladas de carbono na forma de dióxido de carbono através da queima de combustíveis fósseis e mudanças de usos da terra e, desse total, 3,2 bilhões continuam na atmosfera gerando assim, um aumento do efeito de estufa (NOBRE *et al.*, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área de Estudo

Os dados foram coletados em áreas de uma empresa florestal localizada nas regiões do Jequitinhonha e do São Francisco, Estado de Minas Gerais, situadas entre os meridianos de 42°48'00" a 43°43'00" de longitude a Oeste de Greenwich e os paralelos de 16°49'00" a 17°42'00" de latitude a Sul da linha do Equador. A altitude varia entre 600 e 1.100 m.

A região abrange áreas com precipitação medial anual que vão de 750 mm até 1.400 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, os tipos climáticos predominantes na região são o Aw – tropical chuvoso de savana, ou seja, inverno seco e chuvas máximas no verão, e a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março (NASCIMENTO *et al.*, 2011) e Cwb - temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes (MEIRA JUNIOR *et al.*, 2017).

Na área de estudo, as florestas são, em sua totalidade, cultivadas com eucaliptos em povoamentos de clones híbridos (*Eucalyptus urophilla* x *E. grandis*) com produtividade média de 245 m³/ha, em regime de alto fuste com rotação de 7 anos de idade, espaçamento 3 x 3 m e índice médio de sobrevivência de 95%, sempre em relevo plano a suave ondulado. Desta forma, chega-se aos sete anos com 1.055 árvores vivas por hectare e apresentando, individualmente um volume médio de 0,2322 m³/árvore. Aos 7 anos de idade, a madeira apresentava densidade básica média de 450 g/cm³ (ou 0,45 t/m³). A colheita, por sua vez, era realizada através do sistema de árvores inteiras (*full-tree*), sistema em que, de acordo com Malinovski et al. (2014), a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada em forma de pequenas toras, com menos de 6 m de comprimento.

3.2. Atividades Avaliadas

Foram avaliadas todas as atividades presentes no ciclo de produção de madeira de florestas plantadas no cerrado de Minas Gerais, sendo:

- a) Silvicultura: abertura de aceiros, limpeza de área, subsolagem, plantio mecanizado, irrigação, adubação de cobertura, aplicação de herbicida, combate a formigas e proteção florestal;
- b) Colheita: construção de estradas, manutenção de estradas, corte, extração, processamento, carregamento e manutenção mecânica;
- c) Gestão: Inventário florestal e gestão florestal.
- d) Transporte: Transporte pessoal e transporte de madeira.

Essas atividades encontram-se descritas no Quadro 1.

3.3. Determinação do Consumo de Combustível por Atividade

A determinação do consumo de combustível por atividade foi a partir da produtividade média de cada atividade (horas de máquina por hectare) e o volume de combustível consumido por unidade de potência por hora de trabalho (litros por hora) o que, por relação direta, permitiu a obtenção do consumo de combustível por atividade (litros por hectare) durante o ciclo de produção da madeira.

Para cada atividade avaliada, foram tomados como base os rendimentos operacionais padrões de uma empresa florestal que opera em áreas localizadas no cerrado de Minas Gerais, por meio de estudos de tempos e movimentos com o uso do método de tempos contínuos (BARNES, 1977), de forma a determinar as horas de máquina necessárias para sua realização, ou seja, a produtividade média de cada atividade.

O consumo de combustível por máquina foi calculado com base na metodologia proposta pela ASAE - American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1989; ASAE, 1996). Para veículos de transporte (caminhões, ônibus e utilitários) foram utilizados dados de controles de abastecimentos, disponibilizados pela empresa.

De acordo com as práticas usuais de manejo florestal na região do estudo, considerou-se que a atividade de abertura de aceiros é realizada todos os anos, ou seja, em seis momentos até o corte da madeira. Para as atividades de aplicação de herbicidas (capina química), adubação, irrigação e controle de formigas adotou-se 3 aplicações por hectare durante o período de 7 anos. Para o transporte de madeira foi considerada uma distância média de 50 km, desde as florestas até as unidades consumidoras da madeira.

Quadro 1 - Descrição das atividades analisadas

Atividades	Caracterização da atividade
Abertura de aceiros	Capina de uma faixa nas margens das áreas plantadas (aproximadamente 4 metros de largura) para maior proteção contra incêndios. Realizado com trator de esteiras.
Limpeza de área	Operações que consistem na retirada da vegetação e na mobilização do solo visando a melhoria das condições do terreno para um melhor desenvolvimento da espécie
Subsolagem	Prática que consiste em revolver o solo através do subsolador que mobiliza o solo em profundidade por hastes rompendo camadas de solo compactado.
Plantio mecanizado	Utiliza-se, normalmente, as plantadoras onde será feito de modo mecanizado o sulcamento, distribuição de adubo e o plantio é efetivado.
Irrigação	Fornecimento de água ao solo de forma artificial e controlada.
Adubação de cobertura	Adubação feita após o plantio das espécies visando a manutenção dos níveis de nutrientes do solo durante o desenvolvimento do vegetal.
Aplicação de herbicidas	Aplicação de substância química visando a erradicação de plantas e ervas daninhas.
Combate a formigas	Conjuntos de técnicas de combate visando diminuir a população de formigas a um nível aceitável ou a um nível em que não haja dano econômico.
Construção de estradas	Abertura do leito da estrada com trator de esteiras, regularização do leito da estrada com moto niveladora, aplicação de cascalho e compactação com rolo compressor, escavações para escoamento da água pluvial com retroescavadeira
Manutenção de estradas	Regularização do leito da estrada com moto niveladora, aplicação de cascalho e compactação com rolo compressor, escavações para escoamento da água pluvial com retroescavadeira.
Corte	Operação que consiste na derrubada de árvores.
Extração	Consiste na transferência de material lenhoso do local de abate até o local de carregamento. Operação muito diversificada tanto nos meios como nas técnicas utilizadas.
Processamento	Operação florestal que visa concretizar o processo de abate, corte de ramos, traçamento, descascamento (quando for o caso) e empilhamento.
Carregamento	Visa movimentar a madeira desde as pilhas de estocagem até os caminhões que executarão o transporte da mesma. É executada por carregadores florestais de esteiras.
Manutenção mecânica	São operações de manutenção em máquinas e implementos da silvicultura e colheita florestal visando falhas mecânicas juntamente com o abastecimento de todo o maquinário.
Inventário florestal	Procedimento que visa obter informações sobre as características qualitativas e quantitativas da floresta.
Proteção florestal	Prática onde é realizado um plano para a proteção florestal e é feito um calendário com as visitas periódicas e medidas a serem tomadas quanto a ocorrência de agentes danosos. Também, medidas de segurança e de combate para lidar com os incêndios florestais e com sua precaução
Gestão florestal	É um plano visando a programação espacial e temporal de uma série de ações visando desenvolver, sobre vários aspectos da floresta, a sua sustentabilidade econômica, ambiental e social de forma conjunta.
Transporte de madeira	Operação que consiste no deslocamento da madeira desde a floresta até as unidades consumidoras de madeira

3.4. Determinação do Balanço de Carbono

De forma a determinar o estoque de carbono imobilizado pelas florestas, assumiu-se que, em termos médios, o teor de carbono presente na biomassa total seca da árvore foi de 46,3% (SILVA et al., 2015). Para a realização das análises foi feita a conversão das estimativas de carbono para CO₂ equivalente. Para tanto, de acordo com FACE (1994), foi assumido que uma tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂, ou que uma tonelada de CO₂ equivaleria a 0,27 tonelada de carbono.

A etapa seguinte foi determinar a quantidade de CO₂ resultante da queima do combustível necessário ao processo de produção florestal. Durante o processo de combustão, para cada litro de óleo diesel queimado, incluindo as fases de produção e distribuição desse combustível, adotou-se que são emitidos uma média de 3,2 kg de CO₂ na atmosfera, conforme os estudos apresentados por Carvalho (2011).

Para a estimativa do balanço de carbono foi calculada a diferença entre o carbono imobilizado por um hectare de floresta plantada, durante o ciclo de produção de 7 (sete) anos e considerando o volume de madeira médio por hectare, e a somatória de toda a emissão de carbono necessário para sua produção durante o mesmo ciclo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

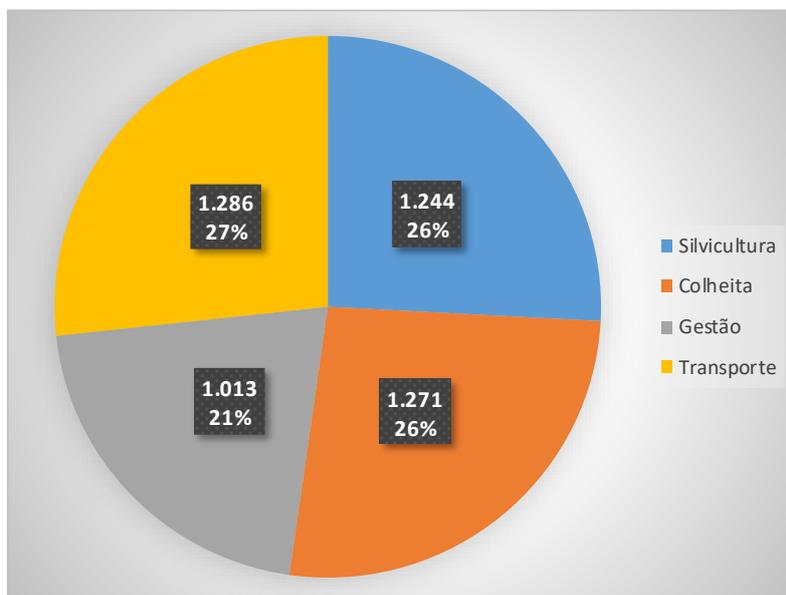
Os resultados da determinação do consumo de combustível por atividade, necessário para a produção de 1,0 hectare de floresta de eucalipto, nas condições avaliadas e considerando um ciclo de 7 anos, encontram-se na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1 - Produtividade média (PM, em horas máquina por hectare), consumo (CC, em litros por hora máquina) e gasto de combustível (GC, em litros por hectare) das atividades avaliadas

Atividades	Tipo de Máquina (ou Veículo)	PM (hm/ha)	CC (l/hm)	GC (l/ha)		
				Unit.	Repetições ^{1/}	Total
Abertura de aceiros	Trator de esteiras D6	1,65	22,00	36,30	6	217,80
Limpeza de área	Trator pneus 140 CV	1,10	25,00	27,50	1	27,50
Subsolagem	Trator pneus 180 CV	1,35	32,30	43,60	1	43,60
Plantio mecanizado	Trator pneus 140 CV	2,00	25,00	50,00	1	50,00
Irrigação	Trator pneus 110 CV	0,95	19,80	18,80	3	56,40
Adubação de cobertura	Trator pneus 110 CV	3,00	19,80	59,40	3	178,20
Aplicação de herbicidas	Trator pneus 110 CV	1,70	19,80	33,65	3	100,95
Combate a formigas	Trator pneus 110 CV	0,75	19,80	14,85	3	44,55
Construção de estradas	Trator de esteiras D6	3,00	22,00	66,00	1	66,00
	Motoniveladora	2,55	17,00	43,35	1	43,35
	Rolo compressor	1,90	7,00	13,30	1	13,30
	Retroescavadeira	1,50	12,00	18,00	1	18,00
Manutenção de estradas	Motoniveladora	3,60	17,00	61,20	1	61,20
	Rolo compressor	2,00	7,00	14,00	1	14,00
	Retroescavadeira	1,50	12,00	18,00	1	18,00
	Caminhão 6 x 4	5,00	15,00	75,00	1	75,00
Corte	Feller buncher de esteiras	2,45	30,00	73,50	1	73,50
Extração	Skidder 6 x 6 de pneus	4,90	22,00	107,80	1	107,80
Processamento	Garra traçadora de esteiras	4,10	25,00	102,50	1	102,50
Carregamento	Grua de esteiras	4,90	20,00	98,00	1	98,00
Manutenção mecânica	Caminhão comboio	9,50	24,00	228,00	1	228,00
	Caminhão oficina	12,75	20,00	255,00	1	255,00
	Utilitário 4 x 4	6,50	15,00	97,50	1	97,50
Inventário florestal	Utilitário 4 x 4	6,50	15,00	97,50	5	487,50
Proteção florestal	Utilitário 4 x 4	5,00	15,00	75,00	7	525,00
Gestão florestal	Utilitário 4 x 4	5,00	15,00	75,00	7	525,00
Transporte de pessoal	Ônibus	8,35	13,50	112,70	6	676,20
Transporte de madeira	Caminhão bitrem	21,78	28,00	609,80	1	609,80
Total						4.813,65

^{1/} Referente à quantidade de vezes que a atividade é realizada durante o ciclo de 7 anos.

Figura 1 – Consumo de combustível do processo florestal em área de cerrado, por grupos de atividades, em litros por hectare



Dessa forma, para a produção de 1,0 hectare de floresta de eucalipto na região do Cerrado Mineiro, são necessários 4.813,65 litros de óleo diesel, equivalentes a 15.403,68 kg de CO₂ emitidos na atmosfera, ou 15,40 t CO₂/ha.

Por outro lado, considerando o espaçamento de 3 x 3 metros no plantio, com 95% de sobrevivência aos 7 anos de idade, resultando em aproximadamente 1.055 árvores por hectare e um volume médio de 245 m³, a quantidade total de CO₂ imobilizado encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Estoque de CO₂ (toneladas por hectare) na biomassa aérea dos plantios de eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais

Espécie	Volume total (m ³ /ha)	Densidade básica (t/m ³)	Volume de matéria seca (t/ha)	% de C na biomassa	Estoque de C (t/ha)	t CO ₂ /t C	Estoque CO ₂ (t/ha)
Eucalipto	245,00	0,450	110,25	46,30	51,05	3,67	187,35

Desta forma, pela diferença entre o estoque de CO₂ retirado da atmosfera (187,35 t) e a quantidade emitida para a produção (15,40 t), estima-se que cada hectare plantado com eucalipto na região do Cerrado Mineiro seja capaz de imobilizar 171,95 toneladas de CO₂, contribuindo, sobremaneira, para atenuar os efeitos do aquecimento global.

A quantidade de estoque de dióxido de carbono feita pelas florestas é 12 vezes maior em comparação com as emissões feitas para a produção do ciclo florestal, isso presume um elevado potencial na regulação da concentração atmosférica de gás carbônico e assim, a redução dos gases de efeito estufa.

Paixão *et al.* (2006) relatou um estoque de 47,7 toneladas da parte aérea de carbono por hectare em plantios de reflorestamento, se mostrando bem próximo do presente estudo onde foi estocado 51,05 toneladas de carbono, tal diferença é justificada pelo tempo da cultura que foi respectivamente 6 e 7 anos de idade. O mesmo autor ainda relata a soma de 23,43 toneladas de carbono referente ao estoque nas raízes (14,71) e na manta orgânica (8,72), o que mostra o potencial de estoque de carbono quando se adiciona os estoques de raízes e material presentes na serapilheira.

Tais valores demonstram a importância dos reflorestamentos neste contexto quando comparado ao cerrado *strictu sensu*, cujos valores de CO₂ imobilizado variaram de 10 até aproximadamente 37 toneladas por hectare (ADUAN *et al.*, 2003; FERNANDES *et al.*, 2008; LOPES; MIOLA, 2010), lembrando que no cerrado é necessário que haja a queima prévia da vegetação (liberação de CO₂) para que haja a posterior regeneração e, novamente, sua imobilização.

Sang *et al.* (2013), comparando plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus urophylla*, florestas secundárias e pastagens em gradientes de solo e clima, concluíram que o reflorestamento adequado melhora a fertilidade do solo e promove o sequestro de carbono em terras tropicais degradadas. Desse modo, é evidente o potencial das florestas plantadas para a imobilização do carbono em áreas de cerrado, principalmente por conta de suas elevadas taxas de crescimentos iniciais junto com sua eficácia em remover o dióxido de carbono de atmosfera, na qual se destaca o eucalipto.

Muito embora os resultados positivos do sequestro de Carbono pelas florestas sejam notadamente importantes, Chang (2011) afirma que as formas de sequestrar carbono florestal podem ser simplificaradamente classificadas em três tipos:

- a) Preservação do estoque de carbono nas florestas já existentes através de ação protetora;
- b) Aumento do estoque de carbono florestal por meio de uma ação combinada de práticas de manejo florestal sustentável, regeneração florestal e reflorestamento em áreas degradadas, ou introdução de atividades agroflorestais em áreas de agricultura;

c) Substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa vegetal sustentáveis.

Mesmo assim, o manejo adequado do solo e da vegetação deve ter como premissa básica a utilização de métodos com o mínimo revolvimento do solo, assim como os sistemas de rotação/sucessão de culturas que incluam plantas com alta produção de resíduos vegetais e, ainda, plantas capazes de acumular nutrientes no solo, lembrando que, ainda, devem ser preservadas as vegetações nativas remanescentes, bem como realizar plantios de reflorestamento em larga escala, pois nesses ambientes estão as maiores quantidades de C sequestradas no sistema solo-planta (NUNES CARVALHO *et al.*, 2010).

Em uma abordagem de curto e médio prazos, Baesso *et al.* (2010) concluem, a partir de simulações, que em uma projeção de 2011 até 2040 o eucalipto tende a fixar mais carbono num futuro próximo, isso por conta de um maior índice de produção de matéria seca, elevando o potencial de imobilização de dióxido de carbono por parte do eucalipto e também torna viável, ainda mais, projetos de reflorestamentos ligados à venda de créditos de carbono tornando, desta forma, o empreendimento economicamente atraente.

Ainda, de acordo com Oliveira (2017), vale ressaltar que o potencial de solos florestais de estocar carbono depende, principalmente, do uso apropriado da terra, de técnicas adequadas de fertilizações, práticas conservacionistas e a conversão de áreas degradadas, as quais, isolada ou conjuntamente, podem ser grandes aliados no combate à mudança do clima.

Por fim, o projeto de um portfólio de atenuação do setor florestal deve considerar as compensações entre o aumento de reservas de carbono em ecossistemas florestais e o aumento da taxa de sustentabilidade da colheita e transferência de carbono para atender às necessidades humanas. As estratégias de seleção para atenuação do setor florestal devem minimizar emissões efetivas em todo o setor e em outros setores afetados por essas atividades de atenuação (CERRI, 2019).

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que:

- Para a produção de florestas plantadas na região do Cerrado Mineiro, considerando um ciclo de 7 anos e todas as atividades desde o plantio até o transporte da madeira, foram emitidas 15,40 t/CO₂ por hectare.
- Cada hectare de floresta plantada, durante este mesmo ciclo, foi capaz de imobilizar 187,35 t/CO₂.
- Tais valores representam um balanço positivo de 171,95 t/CO₂ por hectare.
- Assim, os reflorestamentos no cerrado de Minas Gerais se apresentam como alternativa para o sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- ADUAN, R.E.; VILELA, M.D.F.; KLINK, C.A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do cerrado brasileiro**. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2003.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural tractor test code. In: **ASAE standards 1989: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1989. p. 44-8. (ASAE S-209.5).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural machinery management data. In: **ASAE standards 1996: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1996. p. 332-9. (ASAE D-497.2).
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C. J. C. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 52, n. 1, p. 207-238, 1998.
- BAESSO, R. C. E.; REIS, M. G.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Balanço de Carbono em Floresta de Eucalipto. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Belém, 2010.
- BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BERGER, R., TIMOFEICZYK JR, R., CARNIERI, C., LACOWICZ, P. G., JUNIOR, J. S., BRASIL, A. A. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. **Floresta**, v. 33, n. 1, 2003.
- BRAUN, S; APPEL, L. G.; SCHMAL, M. A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel - a questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras. **Química Nova**, São Paulo, v.27, nº 3, p. 472-482, 2004.
- CARMO, F. C. A. **Balanço da emissão de gases carbônicos nas operações florestais e sequestro de carbono em florestas plantadas no espírito santo**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, 2016. 68 p.
- CARVALHO, C.H.R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011.
- CHANG, M. Sequestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 102, p. 85-101, 2011.
- CERRI, C.C. **Práticas de gestão para redução da emissão de gases do efeito estufa e remoção de carbono na agricultura, pecuária e engenharia florestal brasileiras**. 2019. Disponível em: <[http:// www.fbds.com.br](http://www.fbds.com.br)>. Acesso em 01 Mai 2019.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de qualidade ambiental**. São Paulo: CETESB, 142p. 2004.

FACE. **Forest absorbing carbon dioxide emission**. Annual Report. 1993. Arnheim: 1994.

FERNANDES, A.; SALIS, S.M.; FERNANDES, F.; CRISPIM, S. **Estoques de carbono do estrato arbóreo de Cerrados no pantanal da Nhecolândia**. Embrapa Pantanal-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2008.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Práticas de gestão para redução da Emissão de gases do efeito estufa e Remoção de carbono na agricultura, Pecuária e engenharia florestal brasileira. **Coalização empresas pelo clima**, S.l. Disponível em: < <http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-76.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

FIEDLER, Nilton Cesar. Efeitos dos gases de exaustão das máquinas de colheita florestal na saúde humana. **O Plantio, a Colheita e o Transporte Florestal**, S.l. Disponível em: < <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/10-efeitos-dos-gases-de-exaustao-das-maquinas-de-c/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC). **Histórico da certificação FSC**. 2019. Disponível em: <<https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil/historico>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

Hack C. **Respostas da vegetação remanescente e da regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Mista cinco anos após intervenções de manejo** [dissertação]. Santa Maria: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria; 2007.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. 2017.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura en los trópicos**: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Eschborn. Cooperação Técnica-RFA, 1990. 343 p.

LASCHI, A.; MARCHI, E.; GARCÍA, S. G. Forest operations in coppice: Environmental assessment of two different logging methods. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 493 – 503, 2016.

LIMA, D.G. Importância das florestas plantadas como forma de reduzir a pressão sobre as florestas nativas ainda existentes. **Revista Bahia Agrícola**, v. 1, n. 3, p. 45-48, 1997.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 43-65.

LOPES, R.B.; MIOLA, D.T.B. sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. **Revista Digital FAPAM**, v. 2, n. 2, p. 127-143, 2010.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A.; et al. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2014. p. 178-205.

MEIRA JUNIOR, M. S. D., PEREIRA, I. M., MACHADO, E. L. M., MOTA, S. D. L. L., RIBEIRO, P. S. S. D. P.; OTONI, T. J. O. Impacto do fogo em campo sujo no Parque Estadual do Biribiri, Minas Gerais, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, e00110814, 2017.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. D.; SOUZA, A. D.; SILVA, K. R. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 664-667, 2007.

MOTTA, R. S.; FERRAZ, C.; YOUNG, C. E. F.; AUSTIN, D.; FAETH, P. O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil. Rio de Janeiro: **Instituto de Pesquisa Aplicada – IPEA**, set. 2000.

NASCIMENTO, A.C.; LEITE, A.M.P.; SOARES, T.S.; FREITAS, L.D. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011.

NASCIMENTO, J. J. V. R.; PAULA, R. R.; DA SILVA, G.F.; PEREIRA, R. G.; NETO, F. B. Balanço de carbono, aquecimento global e recuperação áreas degradadas. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 14 – 29, 2011.

NOBRE, Carlos A.; NOBRE, Antônio D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 81-90, 2002.

NUNES CARVALHO, J.L.; AVANZI, J.C.; NAVES SILVA, M.L.; MELLO, C.R.D.; PELLEGRINO CERRI, C.E. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

OLIVEIRA, Y.M.M.; OLIVEIRA, E.B. (Eds.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. D.; LEITE, H. G.; SILVA, G. D. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

RENNER, R. M. **Sequestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR 2004.

REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, A.R.; OLIVEIRA, A.D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, v. 7, n. 1, p. 30-43, 1983.

REZENDE, D. **Sequestro de carbono: uma experiência concreta - estudos iniciais do projeto de sequestro de carbono da Ilha do Bananal e seu entorno**. Goiânia: Ed. Gráfica Terra, 2000.

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANGUETA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 1-34.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 2003. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Universidade de São Paulo.

SANG, P. M.; LAMB, D.; BONNER, M.; SCHMIDT, S. Carbon sequestration and soil fertility of tropical tree plantations and secondary forest established on degraded land. **Plant and Soil**, v. 362, n. 1, p. 187-200, 2013.

SCHETTINO, S.; CAMPOS, J. C. C.; MINETTE, L. J. and SOUZA, A. P. Work precariousness: ergonomic risks to operators of machines adapted for forest harvesting. **Rev. Árvore [online]**. v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017.

SEDJO, R. A., MARLAND, G. Inter-trading permanent emissions credits and rented temporary carbon emissions offsets: some issues and alternatives. **Climate Policy**, v. 3, p. 435-444, 2003.

SILVA, C.A.; KLAUBERG, C.; CARVALHO, S.P.C.; PICCOLO, M.C.; RODRIGUESZ, L.C.E. Estoque de carbono na biomassa aérea florestal em plantações Comerciais de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 135-146, 2015.

SILVA, M.T.C. **Análise do balanço entre sequestro e emissão de CO2 resultante do circuito de produção e consumo de biomassa florestal numa central de co-geração**. 2009. Tese de Mestrado em Bioenergia. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

SPATHELF, Peter; DE MATTOS, Patricia Povia; BOTOSSO, Paulo César. CERTIFICAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL UMA FERRAMENTA EFICAZ PARA A CONSERVAÇÃO DAS FLORESTAS NATURAIS? **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 373-379, 2004.

TEIXEIRA, E.C.; FELTES, S.; SANTANA, E.R.R. Estudo das Emissões de Fontes Moveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Química Nova**. V. 31, nº. 2, p. 244-248. 2008.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). Folheto Biomassa - Resumo Temático, **Energia e Clima**. 4 pp, 2007.