

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE PLANALTINA**

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL  
COM PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO: UM  
ESTUDO DE CASO**

**MARCELA MOREIRA MILHOMEM**

**BRASÍLIA - DF**

**2012**

MARCELA MOREIRA MILHOMEM

EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL COM  
PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO: UM ESTUDO  
DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto

BRASÍLIA – DF

2012

Milhomem, Marcela Moreira

Emissões de dióxido de carbono e compensação ambiental com o plantio de espécies arbóreas nativas do cerrado: um estudo de caso. / Marcela Moreira Milhomem. Planaltina - DF, 2012. 55 f.

Monografia - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientadora: Gabriela Bielefeld Nardoto

1. Inventário de emissões. 2. Compensação ambiental. 3. Sequestro de carbono. I. Milhomem, Marcela Moreira. II. Título.

MARCELA MOREIRA MILHOMEM

EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL COM  
PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO: UM ESTUDO  
DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina-DF, 27 de setembro de 2012.

---

Prof. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto/UnB/Orientadora

---

Dra. Maria Regina Silveira Sartori Silva/UnB

---

Dr. Alexandre de Siqueira Pinto/UnB

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso aqui minha eterna gratidão a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização do presente trabalho.

A Deus que tenho como meu maior amigo.

A minha família, meus pais, Neusa e Sebastião, que sempre me apoiaram nas minhas decisões com toda sabedoria e amor.

A minha orientadora, Gabriela Nardoto, pelo apoio e orientação, além da amizade conquistada.

Ao Grupo de Ecologia e Conservação, pelas discussões e orientação.

Ao Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) pelo apoio e confiança, mas em especial ao Dr. Beekman que foi a pessoa que acreditou no meu trabalho e que fez surgir o Programa IICA Sustentável, este foi o incentivador para a realização do estudo de caso.

Ao Projeto Educação Ambiental: Gestão Comunitária Participativa (FUP-UnB) e a todas as famílias do Assentamento Itaúna – GO que contribuíram com o plantio de mudas e monitoramento, assim como sua boa receptividade em suas residências.

A Prof. Alba Rezende pelos ensinamentos e contribuições.

Ao Laboratório de Análise Ambiental (FUP/UnB), pelo empréstimo dos instrumentos que viabilizaram a coleta de solo e o georeferenciamento da área de estudo.

Ao projeto, que viabilizou a análise química de solo realizada no Laboratório de Solos, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP).

Ao Roberto, viveirista, pelos ensinamentos e contribuição na escolha das espécies plantadas.

Ao meu amigo Adalberto, que sempre esteve disposto e alegre a me ajudar, principalmente nas idas ao Assentamento Itaúna – GO.

Ao meu amigo Ray, que contribuiu na coleta de solos, bem como nas trocas de conhecimento.

Ao Bruno, que me ajudou com o georreferenciamento dos pontos de coleta de solo e da área de estudo.

Aos membros da banca de defesa: Alexandre Pinto e Maria Regina Silva, pela disponibilidade e contribuições.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

## SUMÁRIO

<b>Resumo .....</b>	<b>9</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>3. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>13</b>
3.1 Intensificação do Efeito Estufa .....	13
3.2 O Carbono na Atmosfera e no Cerrado Solo-Planta .....	14
3.3 Mudanças Climáticas .....	16
3.3.1 A Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o Protocolo de Kyoto .....	17
<b>3.4 Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Compensação Ambiental .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 Natureza Econômica e Jurídica da Compensação Ambiental .....	20
<b>3.6 O Bioma Cerrado .....</b>	<b>20</b>
<b>3.7 Áreas Degradadas .....</b>	<b>22</b>
3.7.1 Recuperação de Áreas Degradadas .....	22
<b>4. Material e Métodos .....</b>	<b>24</b>
4.1 Áreas de Estudo .....	24
<b>4.2 Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa .....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Quantificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa .....</b>	<b>28</b>
4.3.1 Programa Brasileiro GHG Protocol .....	28
4.3.2 PROCONVE “Nota Verde” .....	29
4.3.3 Fator de emissão para a geração de efluente .....	30
4.3.4 Fator de emissão para o consumo de papel A4 e papel carta .....	30
4.3.5 Sistematização dos fatores de emissão .....	30

4.3.6	Somatório das emissões .....	31
4.4	Cálculo do número de árvores para a compensação .....	31
<b>4.5</b>	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>31</b>
4.5.1	Análise química do solo .....	31
4.5.2	Plantio de mudas .....	33
<b>4.6</b>	<b>Índice de Similaridade de Jaccard .....</b>	<b>37</b>
<b>4.7</b>	<b>Quantificação do Sequestro de Carbono pela Biomassa Aérea .....</b>	<b>37</b>
<b>4.8</b>	<b>Taxa de Incremento .....</b>	<b>41</b>
<b>5.</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>44</b>
5.1	Inventário de Emissões de GEEs .....	44
5.1.1	Escopo 1 .....	44
5.1.2	Escopo 2 .....	44
5.1.3	Emissão Total .....	44
<b>5.2</b>	<b>Análise química de solo comparativa .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Índice de similaridade e plantio de mudas .....</b>	<b>46</b>
<b>5.4</b>	<b>Comparação entre as espécies plantadas e as espécies de Cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa .....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>Recomendações .....</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>Referência Bibliográfica .....</b>	<b>52</b>

## RESUMO

Face ao contexto contemporâneo das alterações climáticas, os setores de serviços também têm buscado medidas para minimizar os impactos das suas emissões de gases de efeito estufa. Nesse estudo de caso foi realizado o inventário de emissões de dióxido de carbono do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) que compreende o período de Janeiro/2010 a Junho/2011 utilizando as ferramentas GHG Protocol, Proconve “Nota Verde” e IPCC. Posteriormente, foi realizada a compensação ambiental no Assentamento Itaúna – GO por meio do plantio de espécies arbóreas nativas do bioma Cerrado, que exercem a função de fazer o sequestro de carbono que se acumula na biomassa aérea. O plantio foi feito com 500 mudas com o objetivo de sequestrar 28,7 toneladas de CO<sub>2</sub>. Diante da importância de estimar o número de mudas com maior precisão, foi realizado o ajuste do cálculo, que a partir deste se obteve o resultado do valor total de estoque de carbono plantado que foi de 80,7 quilos de carbono, sendo assim, as mudas levarão 78 anos para compensar as 28,7 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos pelo IICA, considerando a taxa média anual de sequestro de carbono da vegetação de 34,2 kg C ano<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: inventário de emissões, compensação ambiental, sequestro de carbono.

## **ABSTRACT**

Given the contemporary context of climate change, the service sectors have also sought measures to minimize the impacts of greenhouse gases emissions. In this case study we carried out the inventory of emissions of carbon dioxide from the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) which covers the period from January/2010 to June/2011 using the tools GHG Protocol, Proconve "Green Note" and IPCC. Subsequently we performed environmental compensation in the Assentamento Itaúna - GO through the planting of native tree species of the Cerrado biome, for carbon sequestration that accumulates in tree biomass. The planting was done with 500 seedlings which had the objective to compensate 28.7 tons of CO<sub>2</sub> emitted by the IICA. Given the importance of estimating the number of seedlings with greater precision, an adjustment was made in the calculation. From that we got the result of the total carbon stocked was only 80.7 kilo of carbon in the planted seedlings. It would take 78 years to compensate the 28.7 tCO<sub>2</sub>, considering the average annual carbon sequestration of the planted trees of 34.2 kg C year<sup>-1</sup>.

**Keywords:** emissions inventory, environmental compensation, carbon sequestration

## 1. Introdução

As mudanças climáticas, de acordo com evidências científicas, ameaçam os ecossistemas, a economia e a saúde das pessoas. Desde a Revolução Industrial a concentração de gases de efeito estufa tem aumentado principalmente por causa do uso de combustível fóssil e mudança do uso da terra (IPCC, 2007). O planeta já passou por modificações de temperatura em tempos passados, porém, agora, um fator importante na causa das mudanças é a ação do homem, que tem provocado uma intensificação no acúmulo de gases como o dióxido de carbono, gás metano e óxido nitroso, na atmosfera do planeta (IPCC, 2007). O aumento da temperatura, bem como as suas causas e possíveis consequências tem preocupado autoridades, cientistas, sociedade civil e as empresas.

Com a necessidade de se desenvolver instrumentos e políticas legais internacionais a respeito das mudanças climáticas criou-se o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção Quadro sobre Mudança do Clima (CIN/CQMC), bem como o Protocolo de Kyoto com o objetivo de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Face ao contexto contemporâneo das alterações climáticas, os setores industriais e empresariais também têm buscado medidas para minimizar os impactos das suas emissões de gases de efeito estufa (ANDRADE; MATTOS, 2011).

Uma das formas encontradas pelo setor de serviços é através do inventário de emissões de gases de efeito estufa que é um instrumento estratégico de gestão ambiental que estima as emissões por fontes de poluição especificadas, numa dada área geográfica e num dado período de tempo, permitindo assim orientar medidas mais eficientes de intervenção.

No Brasil diferentes setores empresariais como de alimentos, cosméticos, papel e celulose, petróleo, energia, automobilístico, companhia aérea, telefonia, bancos, entre outros, fazem seus inventários através do Programa Brasileiro GHG Protocol, ferramenta que quantifica as emissões de GEEs de uma empresa, porém não se encontra no programa registro de inventário de algum organismo internacional.

O inventário é realizado para calcular a quantidade de emissões de dióxido de carbono emitidas em certo período. Nesse estudo é calculada a emissão de um ano e meio do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) por meio da

metodologia GHG Protocol, PROCONVE “Nota Verde” do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Ao final do inventário é realizada a compensação ambiental, que é feita por meio do plantio de árvores que farão o sequestro de carbono. Porém, a compensação ambiental também é conhecida como um instrumento legal, onde o Estado arrecada em dinheiro ou aceita em unidades de serviço do empreendedor.

O estudo surgiu com a necessidade de reduzir as emissões de algumas fontes de consumo do IICA, como a água, energia, papel e transporte, além de sensibilização e conscientização dos funcionários e consultores, através da consolidação do Programa IICA Sustentável. Para a etapa da compensação ambiental, foi feita a parceria de cooperação técnica entre o IICA e o projeto de “Educação Ambiental: Gestão Comunitária Participativa”, da Faculdade UnB Planaltina, para realizar o plantio de árvores em uma área de Cerrado no Brasil Central.

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil. Apresenta diferentes fitofisionomias e concentra uma rica biodiversidade de fauna e flora, também sendo importante para as bacias hidrográficas brasileiras. Porém, é o bioma que mais sofre com as mudanças do uso do solo devido à atividade agropecuária, onde cerca da metade dos 2 milhões de km<sup>2</sup> originais do Cerrado foram transformados em pastagem (KLINK; MACHADO, 2005).

Diante do exposto, para a recuperação de algumas características estruturais e funcionais do sistema, o plantio foi feito em uma Área de Preservação Permanente (APP), do Assentamento Itaúna – GO, que está localizada em uma área de pastagem abandonada e degradada. Assim, contribuindo para a proteção do solo e da água, evitando o assoreamento, propiciando a dispersão de espécies da flora, permitindo o deslocamento da fauna, e outros benefícios.

As plantas participam também do sequestro de carbono, processo de mitigação biológica das plantas que absorvem o CO<sub>2</sub> da atmosfera e o fixa em forma de biomassa, nesse estudo, é considerada a biomassa aérea. Porém, para realizar o plantio foi calculado o número de árvores para compensar as emissões de GEE de acordo com Carvalho e Lima. Porém, diante da importância de estimar esse número com maior precisão, foi realizado o ajuste do cálculo usando equações alométricas específicas para a vegetação de Cerrado (PAIVA, *et al.* 2011).

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaborar o inventário de emissão de gases de efeito estufa do IICA para compensação ambiental por meio do plantio de espécies arbóreas nativas do Cerrado no Assentamento Itaúna – GO, auxiliando na recuperação desta área em questão através do reflorestamento.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Elaborar o inventário de emissões de gases de efeito estufa do IICA;
- b) Realizar a compensação ambiental por meio do plantio de árvores nativas do Cerrado para auxiliar na recuperação de área degradada através do reflorestamento em uma área de nascente no Assentamento Itaúna – GO;
- c) Ajustar o cálculo utilizado para estimar a quantidade de árvores para compensar as emissões de GEE pelo IICA no período de Janeiro/2010 a Junho/2011.

## **3. Revisão Bibliográfica**

### **3.1 Intensificação do Efeito Estufa**

O efeito estufa regula a temperatura do planeta controlado pela quantidade de alguns gases na atmosfera, conhecido como Gases de Efeito Estufa (GEEs). O mecanismo ocorre com a entrada da radiação solar à crosta terrestre e a reflexão de parte desta radiação.

Os raios solares incidentes produzem calor, além de serem absorvidos pelos produtores primários de energia. Esse calor gerado se deve principalmente ao efeito dos raios infravermelhos e o efeito estufa, como o dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio, entre outros, têm de reter esta radiação na Terra, mantendo a temperatura relativamente estável. Com o aumento significativo destes gases na atmosfera, a radiação infravermelha também aumenta e fica retida na atmosfera, assim provocando aquecimento do planeta.

A concentração de gases na atmosfera tem aumentado significativamente desde o início a revolução industrial no final século XVIII quando cresceu o uso dos recursos naturais tais como carvão, petróleo e áreas florestadas (CERRI; CERRI, 2007).

O aquecimento global é a intensificação do efeito estufa causado pelo aumento da emissão dos GEEs, sendo que o dióxido de carbono é o gás que mais contribui, principalmente devido o uso de carvão, petróleo e gás natural, bem como a perda de florestas e outros sumidouros naturais.

No Brasil, as práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra são as principais fontes de emissão de GEEs. Aproximadamente 75% do CO<sub>2</sub> que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas e do desmatamento (CERRI; CERRI, 2007).

### **3.2 O Carbono na Atmosfera e no Cerrado Solo-Planta**

Na natureza, o carbono está distribuído nos seguintes reservatórios: atmosfera, oceanos, plantas e animais, rochas e sedimentos (PACHECO; HELENE, 1990). Todos esses compartimentos estão interconectados e o C circula entre eles.

O maior reservatório é o geológico, com cerca de 90.000.000 Pg de C, o pedológico contém 2.500 Pg de C, o biótico apresenta cerca de 560 Pg de C e o atmosférico cerca de 760 Pg, apesar de apresentar menor quantidade de C armazenada este compartimento é importante para as mudanças climáticas (CARVALHO *et al.*, 2010).

O ciclo biogeoquímico do carbono é responsável pela regulação da concentração do gás carbônico na atmosfera, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Com a capacidade de estocar carbono, as florestas têm papel importante no ciclo do carbono por meio da fotossíntese.

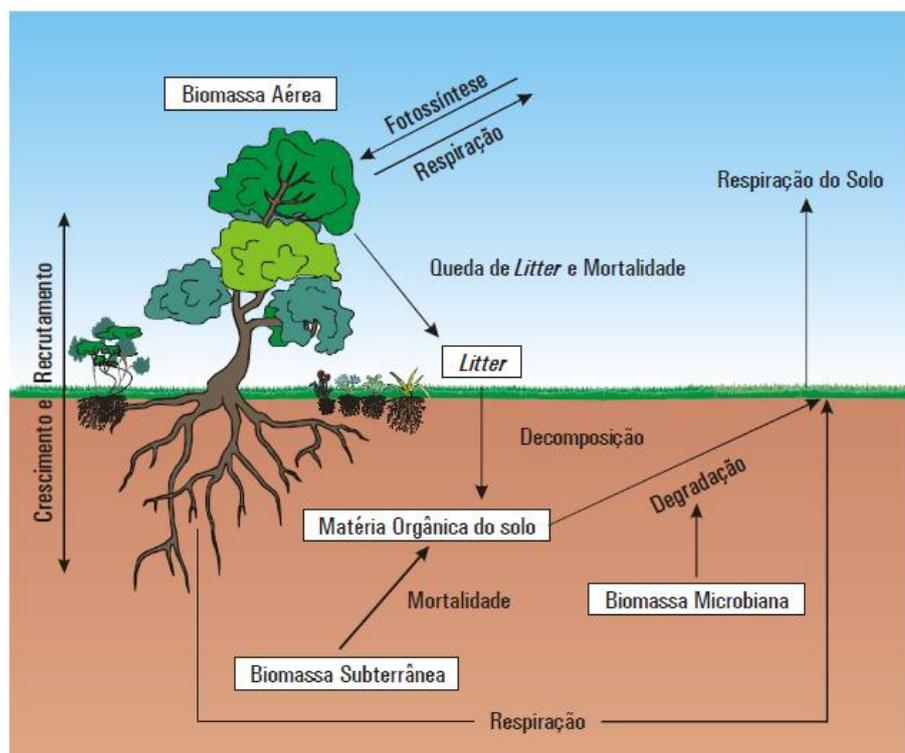
A fotossíntese é uma reação química realizada por plantas, algas e algumas bactérias. O processo consiste em transformação do dióxido de carbono, da água e da luz em carboidratos, água e oxigênio. O oxigênio liberado é o que permite toda a vida animal na Terra (KLINK, 2007).

As florestas são o maior reservatório de carbono, contendo cerca de 80% de todo o carbono estocado na vegetação terrestre e cerca de 40% do carbono presente nos solos (RENNER, 2004). A quantidade de carbono sequestrado é determinada pela biomassa (tronco, galhos, folhas e raiz), que permanecem na árvore por vários anos.

A habilidade dos ecossistemas emitirem ou sequestrarem carbono atmosférico é estabelecido através de processos físico-químicos e bióticos. Para compreender o balanço de carbono atmosférico em um ecossistema é necessário conhecer e quantificar todos esses processos (ADUAN *et al.*, 2003).

Com a demanda de fonte de energia no final século XVIII, a concentração de dióxido de carbono aumentou o que compromete a capacidade da atmosfera reter o calor, assim alterando a temperatura do planeta, visto que as variáveis climáticas influenciam diretamente o fluxo de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. O CO<sub>2</sub> somente transferido da atmosfera através do processo de absorção de dois reservatórios: oceanos e biomassa (PACHECO; HELENE, 1990).

Os principais estoques de carbono no Cerrado são: biomassa aérea, biomassa subterrânea, serapilheira, matéria orgânica do solo e biomassa microbiana, como mostrado na Figura 1 (ADUAN *et al.*, 2003). No Cerrado sentido restrito, 5,5% do carbono está acima do solo, que corresponde à madeira, folhas e serapilheira, e 94,5% de carbono abaixo do solo, sendo que 6% se encontram nas raízes vivas e mortas, e 88,5% na matéria orgânica do solo (ABDALA *et al.*, 1998).



**Figura 1** Esquema dos principais estoques e fluxo do ciclo de carbono no Cerrado brasileiro (Fonte: EMBRAPA, 2003).

Neste estudo o foco é o carbono na biomassa aérea, parte visível do ecossistema, sendo que as folhas são a principal via de entrada do carbono nos sistemas, através do processo fotossintético. Com a heterogeneidade fitofisionômica da vegetação do Cerrado os valores da biomassa aérea são diferentes para cada fitofisionomia, como apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estoques de carbono na biomassa aérea no Cerrado brasileiro em Mg C ha<sup>-1</sup> para as diferentes fitofisionomias, estimado pela análise de estereofotografia.

<b>Fitofisionomia</b>	<b>Média Mg C ha<sup>-1</sup></b>
Campo Limpo	9,9
Campo Sujo	10,8
Cerrado Ralo	21,8
Cerrado <i>sensu stricto</i>	40,0
Cerrado Denso	51,3

Fonte: Reproduzido e adaptado de OTTMAR et al., 2001.

### 3.3 Mudanças Climáticas

As ações humanas através da emissão de gases de efeito estufa provenientes principalmente das indústrias e dos transportes estão acentuando as concentrações desses gases na atmosfera, assim contribuindo para as mudanças climáticas.

A mudança do clima é comumente chamada de “aquecimento global” porque uma das consequências mais prováveis da existência de concentrações maiores de gases de efeito estufa na atmosfera são temperaturas médias mais altas (KLINK, 2007).

As causas principais de alterações climáticas são devido à redução de áreas verdes, aumento das superfícies irradiantes e produtoras de calor em excesso, a redução de água residente e o aumento da concentração de gases de efeito estufa (PRIMAVESI, 2007).

A concentração de dióxido de carbono, de gás metano e de óxido nitroso na atmosfera global tem aumentado marcadamente como resultado de atividades humanas desde 1750, e agora já ultrapassou em muito os valores da pré-industrialização determinados através de núcleos de gelo que estendem por centenas de anos. O aumento global da concentração de dióxido de carbono ocorre principalmente devido ao uso de combustível fóssil e a mudança no uso do solo, enquanto o aumento da concentração de gás metano e de óxido nitroso ocorre principalmente devido à agricultura (IPCC, 2007).

O mais importante gás estufa é o dióxido de carbono e sua concentração aumentou desde a época pré-industrial com valores próximos a 280 ppm foi para 379 ppm em 2005, assim excedendo a faixa natural durante 650.000 anos de 180 ppm à 300 ppm constatado por meio de núcleos de gelo (IPCC, 2007), sendo que o principal causador foi o uso dos combustíveis fósseis e a mudança do uso solo.

### **3.3.1 A Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o Protocolo de Kyoto**

Com a necessidade de se desenvolver instrumentos e políticas internacionais a respeito das mudanças climáticas, a Assembléia das Nações Unidas, estabeleceu em 1990, o Comitê Inter-Governamental de Negociação para a Convenção Quadro sobre Mudança do Clima (CIN/CQMC).

A Convenção Quadro sobre Mudança do Clima foi assinada pelo Brasil durante a “Cúpula da Terra”, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como RIO-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992. A Convenção entrou em vigor em 21 de março de 1994.

O objetivo central da convenção, de acordo com o seu art. 2º, é o de alcançar “a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema do clima. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável” (MOREIRA; SCHWARTZMAN, 2000).

Em 1995, na primeira Conferência das Partes (COP 1), em Berlim, chegou-se à conclusão que os países desenvolvidos não conseguiriam cumprir com as metas de redução de emissões firmados na convenção. Assim, estabeleceu-se o Mandato de Berlim, com o objetivo de estabelecer um protocolo metas quantitativas de redução de emissões para 2005, 2010 e 2020 para a terceira Conferência das Partes (COP 3).

Em Kyoto, Japão, em dezembro de 1997, foi formalizado um protocolo baseado na Convenção sobre Mudança do Clima, chamado “Protocolo de Kyoto”, com a meta de redução entre 2008 e 2012, de pelo menos 5% abaixo das emissões verificadas no ano de 1990. Foram criados dois grupos, os países Anexo 1 que é composto pelos países

desenvolvidos que devem reduzir suas emissões e os países não-Anexo 1, que são os países em desenvolvimento, que não tem meta a cumprir.

### **3.4 Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa**

Com as evidências de mudanças do clima decorrentes do aquecimento global, empresas começaram a estabelecer estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Essas estratégias incluem programas de comércio de emissões, iniciativas voluntárias, taxas sobre o carbono, legislações e padrões de eficiência energética.

O inventário de emissões de gases de efeito estufa de uma organização é um instrumento que permite sua auto-avaliação e retrata a preocupação corporativa, a assunção de responsabilidade e o engajamento no enfrentamento das questões relativas às mudanças climáticas, transformando o discurso em atitude responsável. É, portanto, uma importante ferramenta para a formulação de políticas empresariais adequadas às novas tendências do mercado mundial (FGV; WORLD RESOURCES INSTITUTE).

A realização de inventário de emissão de dióxido de carbono tem como principais objetivos o de permitir o conhecimento do perfil de emissão, e a partir deste, realizar um planejamento para a sua redução, bem como a compensação da emissão levantada.

Além de reduzir as emissões na fonte, há também ações paliativas de compensação das emissões por meio de projetos que reduzem ou sequestram o carbono. É o caso do sequestro de carbono por biomassa aérea para compensar as emissões.

A partir do inventário realizado do ano base 2010 de acordo com a metodologia GHG Protocol o Serviço Social da Indústria (SESI) emitiu o total de 738,7 t CO<sub>2</sub>e, a AES Tiête emitiu 552,99 t CO<sub>2</sub>e, o Banco Bradesco emitiu 159.890,76 t CO<sub>2</sub>e, VRG Linhas Aéreas – Grupo Gol emitiu 3.707.769,88 t CO<sub>2</sub>e. Esses são alguns exemplos do total de carbono equivalente emitido no período de um ano das empresas.

Dessa forma, o inventário de emissões de gases de efeito estufa permite conhecer as fontes de emissões da empresa, possibilitar programas ambientais, apoiar ações, bem como identificar oportunidades de projetos sustentáveis como o de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

O MDL é um mecanismo baseado no desenvolvimento de projetos que os países do não-Anexo 1 do Protocolo de Kyoto possam contribuir com o objetivo de estabilizar

as concentrações de GEE na atmosfera, por meio da comercialização dos créditos de carbono (LOPES, 2009).

O PSA é um instrumento econômico que tem a intenção de recompensar aqueles que produzem ou mantêm os serviços ambientais, assim estimulando a proteção, o manejo e o uso sustentável dos recursos naturais (GUEDES; SEEHUSEN, 2011).

“serviços ambientais, considerando que eles englobam tanto os serviços proporcionados ao ser humano por ecossistemas naturais (os serviços ecossistêmicos), quanto os providos por ecossistemas manejados ativamente pelo homem (GUEDES; SEEHUSEN, 2011)”.

Os serviços ambientais segundo a Avaliação Ecológica do Milênio (2005) são divididos em quatro categorias: serviços de suporte (ex: ciclagem de nutrientes, formação de solos); serviços reguladores (ex: regulação do clima, controle de enchentes); serviços culturais (ex: benefícios educacionais, estéticos) e serviços de provisão (ex: água, alimentos).

### **3.5 Compensação Ambiental**

A compensação serve como atenuador temporal, enquanto os agentes emissores analisam e se preparam para reduzir as emissões nas fontes. Pode ser realizada de acordo com quatro categorias: sequestro biológico; energia renovável; eficiência energética e redução de emissões não CO<sub>2</sub> (RAMSEUR, 2008). Neste estudo a compensação de CO<sub>2</sub> já emitido será através do sequestro biológico que se dá por meio de plantio de árvores, e funcionam como sequestradores de CO<sub>2</sub> da atmosfera na superfície terrestre.

As instituições, que prestam serviços administrativos também emitem carbono no exercício de suas funções. Nesse sentido, o IICA também é um emissor de carbono que pode ser compensado, podendo tornar-se uma instituição “Carbono Zero”.

A compensação ambiental através do plantio de árvores não resolve o problema das emissões de demais gases de efeito estufa, mas representa uma contribuição voluntária para retirar o carbono da atmosfera, reincorporando-o à vegetação. Assim, sendo também uma forma de restaurar áreas degradadas com vegetação nativa. A restauração ecológica tem como objetivo final o retorno do ecossistema a uma situação mais próxima do seu estado original ou anterior à degradação (KAGEYAMA *et al.*, 2008).

### 3.5.1 Natureza Econômica e Jurídica da Compensação Ambiental

A compensação ambiental tem como objetivo fornecer meios financeiros ao Estado para atingir os seus objetivos de preservação retirando recursos financeiros do empreendedor. Como a arrecadação da compensação é obrigatória, quando caracterizada a atividade impactante, a compensação é arrecadada em dinheiro ou pode ser aceita em unidades de serviço dependendo do caso.

A compensação não provém de ato ilícito, pois decorre de ato de licenciamento ambiental. A compensação é instituída no art. 36 da Lei nº. 9.985/2000, contudo pode-se verificar que a compensação é cobrada mediante atividade plenamente vinculada, pois a Lei do SNUC estabelece quem deve e como deve ser cobrada a compensação ambiental, uma vez configurada a necessidade de compensação não cabe ao IBAMA apreciar a conveniência ou a oportunidade de agir (OGAWA, 2010).

A compensação ambiental é uma compensação financeira. Quando o empreendedor explorar recursos naturais deve-se pagar ao Estado. As compensações financeiras são uma forma de indenização ou reparação pelas perdas de bens e serviços ambientais. É exigida durante o licenciamento ambiental do empreendimento, quando identificado no EIA/RIMA impactos ambientais não mitigáveis (OGAWA, 2010).

Sob o ponto de vista econômico a compensação ambiental pode ser considerada como um tributo ambiental, pois é um valor (custo do dano ambiental) que agregado aos custos totais do empreendimento faz diminuir a produção do empreendimento até o seu nível eficiente (OGAWA, 2010).

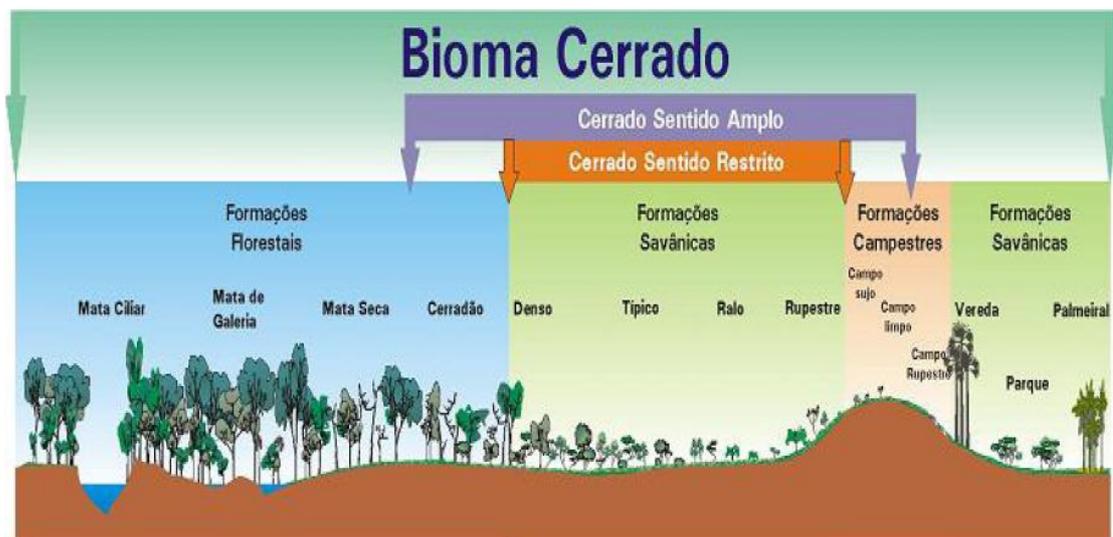
### 3.6 O Bioma Cerrado

O Cerrado localiza-se essencialmente no Planalto Central do Brasil sendo o segundo maior bioma do país em área, superado apenas pela Floresta Amazônica. Corresponde a mais de 2.000.000 km<sup>2</sup>, representando cerca de 23% do território brasileiro (SANO, et al., 2008). Foi considerado como uma das áreas prioritárias mundiais para conservação biológica, denominado “*hotspot*” (MITTERMEIER et al., 2005).

O relevo da região é conhecido como chapadas, apresentado como plano a suave ondulado. O bioma ocorre em altitudes que variam de 300 m a 1.600 m. Os solos predominantes são os Latossolos.

O clima do Cerrado apresenta duas estações bem definidas, uma seca entre o mês de maio e setembro e outra chuvosa de outubro a abril, com precipitação média anual variando de 600 mm a 2.000 mm (SANO *et al.*, 2008). Segundo a classificação de Köppen, o Cerrado apresenta dois tipos de clima. O megatérmico ou tropical úmido (A), com o sub tipo clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas de verão (w). Esse tipo de clima (Aw) prevalece em grande parte da área. O mesotérmico ou temperado quente (C), com inverno seco e temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C (wa).

A vegetação do Cerrado apresenta fisionomias florestais, savânicas e campestres. Consideram-se dois grupos de formações florestais do Cerrado, com distribuição vinculada à hidrografia e aos solos mais ricos. A formação savânica engloba quatro tipos fitofisionômicos principais: cerrado sentido restrito, parque cerrado, palmeira e vereda (MELO, 2006). As campestres são três: campo sujo, campo limpo e campo rupestre. A Figura 2 apresenta as principais fitofisionomias do Cerrado.



**Figura 2.** Perfil esquemático das principais fitofisionomias do Cerrado (Fonte: RIBEIRO; WALTER, 2001).

O Cerrado tem grande importância para as bacias hidrográficas brasileiras, contribuindo para a produção hídrica de seis, principalmente para as Bacias Araguaia/Tocantins, Paraná/Paraguai e do São Francisco.

Porém com as mudanças do uso do solo cerca da metade dos 2 milhões de km<sup>2</sup> originais do Cerrado foram transformados em pastagem (KLINK; MACHADO, 2005).

As transformações trazem consequências ambientais como, extinção da biodiversidade, fragmentação de habitats, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, desequilíbrio no ciclo do carbono, poluição de aquíferos, entre outros.

Com as modificações nas paisagens do Cerrado e ameaças de extinção de espécies têm surgido iniciativas de conservação por parte do governo, de organizações não governamentais (ONGs), pesquisadores, bem como da iniciativa privada.

Propostas de manejo vêm sendo estudadas e implantadas para que se consiga conservar a biodiversidade, entre elas, a criação de novas áreas de proteção, a formação de corredores ecológicos e a recuperação de áreas degradadas (SANO *et al.*, 2008).

### **3.7 Áreas Degradadas**

Áreas degradadas se referem a alterações de um ecossistema natural (CORRÊA; FILHO, 1998), que podem ser causada por atividades antrópicas ou por eventos naturais. São áreas sem nenhum grau de auto-regeneração aceitável, ou seja, não consegue repor a matéria orgânica do solo, nutrientes, biomassa, assim sendo necessária a intervenção do homem.

Uma vegetação nativa pode sofrer perturbação afetando a dinâmica natural e sua estrutura. Assim, podendo ocorrer assoreamento de corpos d'água, erosões, poluição do solo e da água, invasão de espécies exóticas (ANTEREZANA, 2008, apud CARPANEZZI, 2005).

As áreas degradadas deixam de ser economicamente viáveis para a agropecuária, bem como para garantir os serviços ambientais. Dessa forma, a recuperação dessas áreas se faz importante para serem incorporadas ao processo produtivo, seja ambiental ou econômico (KAGEYAMA *et al.*, 2008).

#### **3.7.1 Recuperação de Áreas Degradadas**

Os processos de recuperação e de restauração têm distinção, tendo fundamentos na ecologia básica. A importância desta distinção ficou reforçada com a aprovação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei no. 9.985, 18/07/2000, Diário Oficial 19/07/2000) (KAGEYAMA *et al.*, 2008.):

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei entende-se por: XIII – RECUPERAÇÃO: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; XIV – RESTAURAÇÃO: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (KAGEYAMA *et al.*, 2008).

A recuperação de uma dada área degradada deve recuperar sua integridade física, química e biológica, e, ao mesmo tempo, recuperar sua capacidade produtiva, seja na produção de alimentos e matérias-primas ou na prestação de serviços ambientais.

Dessa forma, alguns processos devem ser considerados quando há recuperação de área degradada, como: interações do ecossistema, estratégia reprodutiva, estrutura genética da população, sucessão e microrganismos no solo, ou seja, o processo de recuperação visa não apenas a vegetação original, mas também aspectos necessários para a sustentabilidade dessa recuperação (ANTEZANA, 2008).

Para recuperar uma vegetação podem-se utilizar sistemas de regeneração natural, artificial ou misto (MOURA, 2008, apud FELFILI *et al.*, 2002). O sistema de regeneração natural depende do banco de sementes e plântulas, dormência, reprodução vegetativa e fontes de propágulos em áreas vizinhas. Na regeneração artificial, o sistema necessita do plantio de mudas, sementes ou material vegetativo. No misto, os dois processos são empregados.

Para recuperar uma área degradada através do plantio de mudas geralmente utiliza-se espécies nativas divididas em dois grupos funcionais: pioneiras, espécies de crescimento rápido e aquelas não-pioneiras (espécies secundárias), de crescimento mais lento (KAGEYAMA *et al.*, 2008). As pioneiras recobrem o solo em menor tempo e proporcionam condições necessárias para o estabelecimento das espécies de crescimento lento.

A recuperação também é favorável para o retorno da fauna o que contribui para os processos ecológicos por meio da polinização e da dispersão de sementes. Cerca de 50 a 90% das espécies de árvores nas florestas tropicais são dispersas por animais (KAGEYAMA *et al.*, 2008).

O solo degradado apresenta escassez de recursos para o desenvolvimento de espécies vegetais, tornando a adubação um procedimento importante nos plantios de recuperação.

Neste estudo a recuperação é realizada na mata ciliar envolta de uma das nascentes do Assentamento Itaúna – GO. As matas ciliares são sistemas essenciais ao equilíbrio do meio ambiente e ao desenvolvimento rural sustentável. Essa vegetação cumpre importantes funções ambientais: protege o solo e a água, reduz o assoreamento

dos rios, abriga e permite o deslocamento da fauna silvestre, propicia a dispersão de espécies da flora nativa (ATTANASIO *et al.*, 2006).

As matas ciliares estão localizadas em Áreas de Preservação Permanente (APP's), são protegidas pela Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965:

Art. 1º, § 2º: II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Os beneficiários diretos são os produtores rurais por meio dos serviços ambientais, processos naturais como a disponibilidade de água, a fertilidade do solo, a biodiversidade. Da mesma forma que são os principais responsáveis pela preservação, recuperação e manutenção da quantidade e qualidade desses recursos naturais.

## **4. Material e Métodos**

### **4.1 Áreas de Estudo**

O estudo foi desenvolvido no Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e no Assentamento Itaúna – GO.

O IICA, Figura 3, criado no ano de 1942 é um organismo internacional especializado em cooperação técnica para o desenvolvimento rural sustentável e vinculado à Organização dos Estados Americanos (OEA). Com sede em Costa Rica e presença institucional em 34 países, o IICA no Brasil se localiza no Distrito Federal, Brasília, Lago Sul, SHIS QI 03, Lote A, Bloco F - Centro Empresarial Terracotta. Este oferece a flexibilidade necessária para mobilizar recursos entre países e regiões, promovendo e adaptando iniciativas de cooperação, abordando as prioridades nacionais e regionais, facilitando o fluxo da informação e a difusão das práticas para a agricultura.

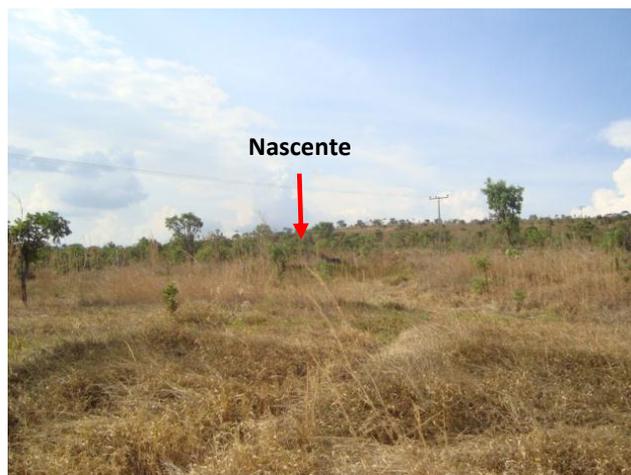


**Figura 3** Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura (IICA).

O Assentamento Itaúna é formado por 100 famílias, sendo que as primeiras chegaram em 1997, iniciando o acampamento. Oficialmente o assentamento foi criado em 2007 pelo Instituto Nacional de Colonização Agrícola (INCRA) pela portaria INCRA SR-28 n°. 35. Está localizado no Estado de Goiás, no município de Planaltina de Goiás, entre as coordenadas (Norte: 15°09'02''S, 47°39'56''W; Sul: 15°15'34''S, 47°38'34''W; Oeste: 15°11'44''S, 47°39'43''W; Leste: 15°11'18''S, 47°35'27''W), com sua área total de 4.126,8 hectares (TUNHOLI, 2011, apud INCRA, 2008).

Trata-se de uma região rica em água, com a presença de 18 nascentes, sendo 16 delas perenes. Porém, com o excesso de uso do solo por causa da monocultura e ao longo período de criação de gado, o solo na região encontra-se degradado e algumas nascentes se encontram em risco. A demanda de um reflorestamento na área é uma necessidade levantada pelos próprios moradores do assentamento.

A área que está sendo recuperada com o plantio de mudas nativas do Cerrado, que antes da interferência do homem era caracterizada como Cerrado sensu stricto, pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas (SANO *et al.*, 2008), porém hoje se encontra como uma pastagem abandonada – Figura 4, com raros arbustos e ausência completa de árvores. A nascente da área está extremamente comprometida como se pode observar na Figura 5 com aparência de caixa d'água.



**Figura 4** Local do plantio de mudas, Assentamento Itaúna, Goiás.



**Figura 5** Nascente próxima a sede, Assentamento Itaúna, Goiás.

A região apresenta um clima tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação anual média da região de Águas Emendadas, DF próxima ao assentamento, é de 1500 mm com período chuvoso de outubro a abril e o período seco de maio a setembro (TUNHOLI, 2011 apud INMET).

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho (LV). Solo altamente intemperizado e parte dos minerais existentes é de secundários constituintes da fração argila. Os Latossolos representam aproximadamente 48,66% do bioma Cerrado, sendo que 22,1% é de Latossolo Vermelho (LV) (SANO *et al.*, 2008).

#### **4.2 Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa**

O inventário de emissão de gases de efeito estufa é uma quantificação das emissões por uma empresa no desenvolvimento de suas atividades em um determinado período, neste caso, o IICA, de janeiro/2010 a junho/2011, segundo uma metodologia adequada e reconhecida, considerando quatro indicadores: efluente, energia, papel A4 e carta, e transporte aéreo e terrestre.

Os dados de energia e transporte aéreo do ano de 2011 foram baseados no ano de 2010, visto que o período vigente do inventário finalizou em junho/2011, assim não tendo disponibilidade para consulta os dados de 2011, pois a ferramenta GHG Protocol só os disponibiliza após o término do ano.

Como base no documento Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (FGV; WORLD RESOURCES INSTITUTE), foram estabelecidos para o inventário cinco passos:

### **1 Identificar fontes de emissão**

Identificação das fontes de emissões diretas e indiretas. A direta é o consumo de combustíveis por fontes móveis, como o transporte aéreo e o terrestre, aeronave e BMW 335i/Zafira respectivamente, e as indiretas através do consumo de energia elétrica e de papel A4 e papel carta, bem como geração de efluente.

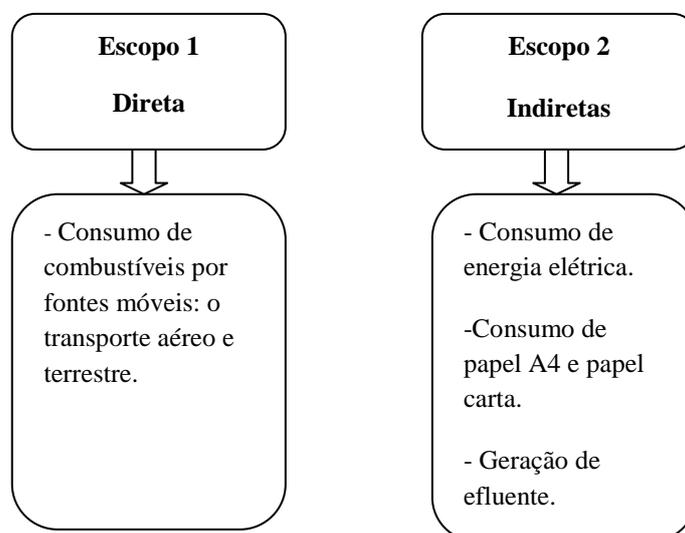
### **2 Coletar dados e escolher os fatores de emissão**

A etapa de coletar dados é fundamental para garantir qualidade dos resultados finais. Dessa forma, quando a empresa tem um sistema integrado de gestão de informação é importante para ganho de tempo e qualidade do inventário.

O fator de emissão é o valor utilizado para determinar a quantidade emitida por uma dada fonte em função de algum parâmetro da mesma. Os fatores de emissão se referem à quantidade de dióxido de carbono emitida por uma determinada unidade, ou seja, é uma medida da taxa de emissão (BRASIL *et al.*, 2008).

### **3 Identificação de escopos**

As fontes de emissões foram divididas em escopos 1 e 2. O escopo 1 são as fontes diretas e o escopo 2 são as fontes indiretas, como pode ser observado na Figura 6.



**Figura 6** Identificação do Escopo 1 Escopo 2.

#### **4. Aplicar ferramentas de cálculo**

As ferramentas utilizadas para os cálculos foram escolhidas para cada fonte de emissão para garantir maior precisão. Sendo assim, são aplicadas a do Programa Brasileiro GHG Protocol e a do PROCONVE “Nota Verde”.

#### **5. Compilar dados no nível corporativo**

Para relatar as emissões de GEE é necessário reunir os dados que pode ser de forma centralizada ou descentralizada. Neste caso, foi escolhida a maneira centralizada por ser a mais adequada às organizações cujas atividades são desenvolvidas em escritório. Sendo assim, a administração do IICA repassou os dados para uma pessoa que realizou os cálculos.

#### **4.3 Quantificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa**

Para a quantificação das emissões foram utilizadas as ferramentas de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol e do PROCONVE “Nota Verde”, assim como, dois fatores de emissões.

##### **4.3.1 Programa Brasileiro GHG Protocol**

O GHG Protocol foi utilizado para quantificar as emissões relacionadas ao consumo de combustível pela fonte móvel aéreo considerando o valor do fator de emissão de três tipos de voo: 105,6 g CO<sub>2</sub> pessoa.km<sup>1</sup> (longa distância), 130,4 g CO<sub>2</sub> pessoa.km<sup>1</sup> (curta distância) e 158,0 g CO<sub>2</sub> pessoa.km<sup>1</sup> (doméstico), e pelo consumo de energia elétrica 0,051275 kWh ano<sup>-1</sup>. Os valores encontram-se em: <http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/passenger-transport.pdf> e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), respectivamente.

O GHG Protocol lançado em 1998 é uma ferramenta utilizada por empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar suas emissões para contabilização e gestão das emissões de GEEs. A metodologia foi desenvolvida pelo World Resources Institute – WRI em parceria com o World Business Council for Sustainable Development – WBSCD e encontra-se em: <http://www.ghgprotocol.com.br>.

A metodologia do GHG Protocol é compatível com as normas ISO e as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), e sua aplicação no Brasil acontece de modo adaptado ao contexto nacional.

O Programa Brasileiro GHG Protocol, surgiu em 2008 através da iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getulio Vargas (FGV), e do World Resources Institute (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

#### **4.3.2 PROCONVE “Nota Verde”**

O PROCONVE “Nota Verde” usado para quantificar as emissões provocadas pelo consumo de combustível pelas fontes móveis terrestres, BMW 335i ano 2010 e GM Zafira Elite ano 2010, considera o valor do fator de emissão 143,2385 g CO<sub>2</sub> Km<sup>-1</sup> para ambos carros.

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, foi criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 18, de 06 de maio de 1986.

O PROCONVE tem como objetivo principal a redução da poluição atmosférica causada pelas fontes móveis, por meio da fixação dos limites

máximos de emissão dos veículos novos leves e pesados da especificação da qualidade dos combustíveis.

De forma complementar ao PROCONVE surgiu “Nota Verde” que se encontra em:[http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel\\_marca\\_modelo\\_rvep.php](http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel_marca_modelo_rvep.php), possibilitando a classificação dos automóveis em relação aos seus níveis de emissão de poluentes, contribuindo para os parâmetros de escolha como marcas e modelos, potência, consumo e tipo de combustível.

#### **4.3.3 Fator de emissão para a geração de efluente**

Considerou-se o valor do fator de emissão  $0,00283 \text{ Kg CO}_2 \text{ pessoa.dia}^{-1}$  (IPCC, 2007) referente à emissão pela fonte de efluente.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com o objetivo de estudar as mudanças climáticas no campo científico e socioeconômico, com o reconhecimento mundialmente em questões climáticas (FLIZIKOWSKI, 2012, apud MARQUES; ELLEN, 2004).

#### **4.3.4 Fator de emissão para o consumo de papel A4 e papel carta**

Foi considerado o fator de emissão  $0,72 \text{ Kg CO}_2$  referente a 500 folhas de papel A4 e/ou para o papel carta (CARVALHO; LIMA, apud BATISTA *et al.*, 2010).

#### **4.3.5 Sistematização dos fatores de emissão**

Os fatores de emissões foram sistematizados na Tabela 2, de acordo com as fontes de emissões consideradas no estudo.

**Tabela 2.** Fatores de emissões utilizados no inventário de emissões de GEEs.

Fonte de emissão	Fator de emissão	Unidade
<b>Direta</b>		
BMW 335i/Zafira	143,2385	g CO <sub>2</sub> Km <sup>-1</sup>
Vôo Longa distância	105,6	g CO <sub>2</sub> pessoa.km <sup>1</sup>
Vôo Curta distância	130,4	g CO <sub>2</sub> pessoa.km <sup>1</sup>
Vôo Doméstico	158,0	g CO <sub>2</sub> pessoa.km <sup>1</sup>
<b>Indireta</b>		
Efluente	0,00283	Kg CO <sub>2</sub> pessoa.dia <sup>-1</sup>
Energia elétrica	0,051275	kWh ano <sup>-1</sup>
Papel A4 e/ou Papel Carta	0,72	Kg CO <sub>2</sub> 500 folhas

#### 4.3.6 Somatório das emissões

O somatório das emissões foi realizado de acordo com a delimitação das fontes de emissões em escopos - definidos no segundo passo do inventário - por meio do cálculo abaixo:

$$\text{Emissão total (t CO}_2\text{)} = \text{Escopo 1} + \text{Escopo 2}$$

Em que:

Escopo 1 = Fontes de emissão delimitadas pelo escopo 1 (t CO<sub>2</sub>).

Escopo 2 = Fontes de emissão delimitadas pelo escopo 2 (t CO<sub>2</sub>).

#### 4.4 Cálculo do número de árvores para a compensação

A partir do resultado da emissão total de CO<sub>2</sub> foi possível calcular o número de espécies arbóreas para compensar as emissões, considerando que para sequestrar uma tonelada de CO<sub>2</sub> é necessário o plantio de seis árvores, em média (CARVALHO; LIMA, apud IBF).

## 4.5 Delineamento experimental

### 4.5.1 Análise química do solo

A área de 10.000 m<sup>2</sup> foi seccionada em quatro quadrantes, considerando a nascente como ponto central (base) localizada nas coordenadas 15°10'53.46''S e 47°36'53.68''O. A coleta ocorreu em três pontos aleatórios dentro de cada quadrante. Esses pontos de coleta foram georreferenciados com utilização do GPS Trimble 5800. As informações a partir do georreferenciamento serviram para a criação do mapa de localização desses pontos através da ferramenta do Google Earth, como mostra a Figura 7.



**Figura 7** Imagem seccionada em quatro quadrantes e com os pontos de coleta de solo georreferenciados.

Em cada ponto foram coletadas duas amostras nos intervalos de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm de profundidade, sendo seis amostras de solo por quadrante, totalizando 30 amostras. As amostras foram encaminhadas para análise química onde foram analisados os seguintes componentes: H+Al (acidez potencial) através do método de extração com  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{OO})^2\text{H}_2\text{O}$ ; alumínio pelo método de extração com  $\text{KCl}$  1 mol.l<sup>-1</sup>; Ca, Mg e K por extração com acetato de amônio; matéria orgânica, com o método:

Walkley e Black, e fósforo com o método Mehlich 1 (EMBRAPA, 1997). Essas análises foram feitas no Laboratório de Solos, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP).

A análise química do solo realizada neste estudo não serviu para recomendação da adubação na fase de plantio, e sim para estudos futuros de monitoramento da qualidade do solo antes e depois do reflorestamento.

O adubo recomendado para utilização na área foi avaliado pelo Projeto Educação Ambiental: Gestão Comunitária Participativa, da FUP/UnB. Dessa forma, a composição do adubo utilizado para o plantio foi de nitrogênio, fósforo e potássio, conhecido como NPK (3-7-4) na forma de bocashi (composto orgânico), enriquecido com fosfato de rocha e um coquetel de micronutrientes (Forth Flex CT), sendo que a proporção em massa da mistura é 1-1-1 respectivamente. A dosagem utilizada da mistura foi de 50 gramas por muda.

#### **4.5.2 Plantio de mudas**

O plantio de mudas ocorreu no dia 31 de novembro de 2011 com a participação do IICA, do Projeto “Educação Ambiental: Gestão Comunitária Participativa”, da Faculdade UnB Planaltina (FUP/UnB) e de assentados, que juntos trabalharam para iniciar a recuperação da nascente acima referida (item 4.5.1) do Assentamento Itaúna – GO, como mostram as figuras 10 e 11.

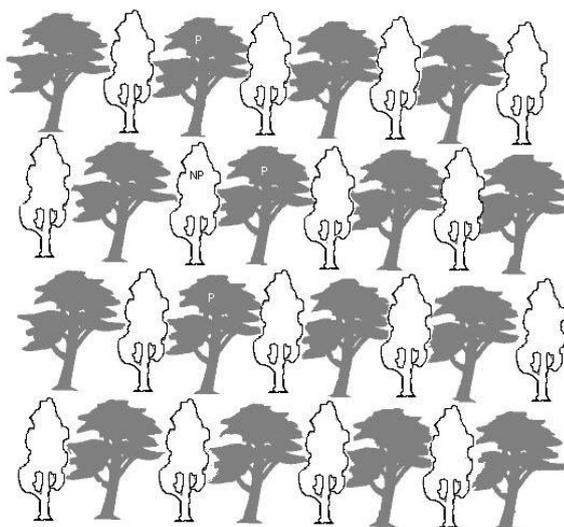


**Figura 10** Plantio de mudas no Assentamento Itaúna – GO.



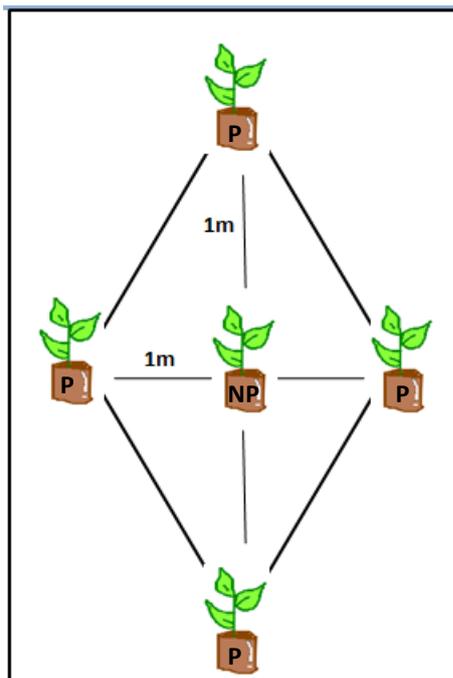
**Figura 11** Grupo que viabilizou o plantio de mudas no Assentamento Itaúna – GO.

O plantio foi utilizado como base o método quincôncio (MACEDO, 1993). Este método consiste no plantio de espécies pioneiras (crescimento rápido) e espécies secundárias (crescimento lento) alternadas na linha de plantio, sendo que na linha seguinte altera-se a ordem em relação à linha anterior, como apresentado na Figura 8. As pioneiras têm a função de fornecer sombra para as secundárias.



**Figura 8** Distribuição em quincôncio (4 espécies pioneiras dispostas ao redor de 1 espécie não pioneira): P = pioneira; NP = não pioneira (Fonte: MACEDO, 1993).

Porém, para o plantio realizado o método quincôncio foi adaptado. As mudas foram plantadas em grupos de cinco espécies que apresentam formato de losango não obedecendo uma linha de plantio, sendo uma no centro (secundária) e quatro ao redor (pioneiras), com o distanciamento de um metro da muda central para as outras, como mostrado na Figura 9.



**Figura 9** Grupo de mudas plantadas em formato de losango: pioneira (P) e não pioneira (NP).

De acordo com o cálculo do item 4.4 o resultado foi de 250 árvores, porém foram plantadas 500 mudas nativas do Cerrado no Assentamento Itaúna – GO. As espécies foram escolhidas de acordo com a disponibilidade no viveiro. A Tabela 3, abaixo, mostra a relação das 26 espécies arbóreas nativas de Cerrado e quantidade plantada de cada uma.

**Tabela 3.** Relação das espécies plantadas no Assentamento Itaúna – GO com nome científico e quantidade

Nome científico	Quantidade (un.)
<i>Alibertia edulis</i>	20
<i>Annona crassiflora</i>	30
<i>Astronium fraxinifolium</i>	30
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	50
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10
<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	20
<i>Copaifera langsdorffii</i>	10
<i>Croton urucurana</i>	35
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	10

<i>Dipteryx alata</i>	25
<i>Eriotheca pubescens</i>	15
<i>Eugenia dysenterica</i>	10
<i>Hancornia speciosa</i>	30
<i>Inga laurina</i>	10
<i>Luehea divaricata</i>	20
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	50
<i>Qualea dichotoma</i>	10
<i>Qualea grandiflora</i>	10
<i>Salacia crassifolia</i>	15
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	20
<i>Tabebuia áurea</i>	15
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	15
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	10
<i>Talisia esculenta</i>	10
<i>Terminalia phaeocarpa</i>	10
<i>Tocoyena formosa</i>	10
<b>TOTAL</b>	<b>500</b>

#### 4.6 Índice de Similaridade de Jaccard

Para o cálculo do índice de similaridade foram utilizados os inventários realizados em duas áreas distintas:

Os dados do inventário florestal da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito das duas parcelas no Assentamento Itaúna – GO está a uma altitude de 1134 m e 1137 m, entre as coordenadas 15° 10' 49,2" S 47° e 37' 00,9" W, e 15° 10' 48,2" S 47° 37' 01,0" respectivamente, foram obtidos com o Projeto “Educação Ambiental: Gestão Comunitária Participativa”, da FUP, que demarcou duas parcelas de 20 x 50 m (1000 m<sup>2</sup>) remanescentes de cerrado sentido restrito que foram divididas em 10 transectos de 10 x 5 m onde foi feito o registro de todas as árvores com a circunferência  $\geq 5$  cm a altura do solo com o auxílio de uma fita métrica. Dessa forma, posteriormente a circunferência foi transformada em diâmetro (cm).

A base de dados do inventário da área de Cerrado sentido restrito localizada na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL), situada a uma altitude de 1100 m, entre as coordenadas 15°56' e 15°59' S e 47°55' e 47°58' W, no Distrito Federal. A área de 63,54 ha foi dividida em parcelas iguais, de 20x50 m, e em seguida foram selecionadas casualmente 10 parcelas. Todos os indivíduos lenhosos vivos com diâmetro com casca tomado a 0,30 m do nível do solo igual ou superior a 5 cm foram identificados (REZENDE, 2002).

Para saber se as duas áreas apresentam semelhança foi realizado o teste de similaridade através do índice de similaridade de Jaccard que permite quantificar a semelhança florística entre diversas áreas amostrais. É um índice qualitativo e sugere que quanto maior forem seus valores, mais similares serão as composições florísticas (VIEIRA, 2003).

Foi calculado de acordo com a fórmula:

$$CJ = c / (a + b) - c$$

CJ: é o índice de similaridade;

a: é o número de espécies encontradas no local a;

b: é o número de espécies encontradas no local b;

c: é o número de espécies encontradas em ambos os locais (a e b).

#### **4.7 Quantificação do Sequestro de Carbono pela Biomassa Aérea**

A partir do resultado do índice de similaridade, foi possível ajustar o cálculo utilizado no item 4.4 para estimar a quantidade de árvores para sequestrar o carbono emitido pelo IICA no período de Janeiro/2010 a Junho/2011 utilizando dados de Rezende (2002). Foram estabelecidos quatro passos:

##### **1. Média da altura e da circunferência das mudas plantadas**

Para calcular a média da altura e do diâmetro das mudas plantadas, foram medidas a altura total (cm) e a circunferência da base (cm) de cinco mudas aleatórias das 26 espécies com uso da fita métrica. Posteriormente, multiplicou-se o valor médio

da altura e o valor médio da circunferência pela quantidade correspondente a cada espécie plantada.

## 2. Cálculo do estoque de carbono por espécie adulta

Para calcular o estoque de carbono na biomassa aérea das mudas plantadas considerando-as adultas, os dados do estoque de carbono do componente lenhoso (troncos e galhos) de Rezende (2002), mostrados na Tabela 4, tiveram que passar por duas etapas para serem utilizados:

Etapa 1 – Cálculo do estoque médio por família

Etapa 2 – Cálculo do estoque médio por espécie quando este dado estava disponível em Rezende (2002).

**Tabela 4.** Estoque de carbono ( $\text{g C m}^{-2}$ ) do componente lenhoso (troncos e galhos) de espécies adultas, do Cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF

Espécie	Estoque de carbono $\text{g C m}^{-2}$
<i>Acosmium dasycarpum</i>	0,2579
<i>Aegiphila lhotzkiana</i>	-
<i>Andira paniculatum</i>	0,0269
<i>Anonna crassifolia</i>	0,2783
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	1,6594
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	6,8110
<i>Austroplenckia populnea</i>	0,8813
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	15,3575
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1,3294
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	0,2391
<i>Byrsonima crassa</i>	3,2164
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	1,4161
<i>Caryocar brasiliense</i>	30,5855
<i>Casearia sylvestris</i>	-
<i>Connarus suberosus</i>	0,3765
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,0773
<i>Cybianthus detergens</i>	0,0505
<i>Dalbergia miscolobium</i>	27,2492
<i>Davilla elliptica</i>	0,1501
<i>Dimorphandra mollis</i>	1,4658

<i>Dyospirus burchellii</i>	0,5171
<i>Enterolobium ellipticum</i>	-
<i>Entervlobium gummiferum</i>	2,0489
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	6,4262
<i>Eremanthus goyazensis</i>	-
<i>Eriotheca pubescens</i>	4,3475
<i>Erythroxylum deciduum</i>	0,1611
<i>Erythroxylum suberosum</i>	0,9058
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	0,5442
<i>Eugenia dysenterica</i>	-
<i>Guapira noxia</i>	3,8267
<i>Heteropleris byrsonimaefolia</i>	0,8049
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	11,6720
<i>Kielmeyera coriacea</i>	2,6780
<i>Kieimeyera speciosa</i>	0,1035
<i>Lafoensia pacari</i>	0,3966
<i>Machaerium acutifolium</i>	-
<i>Machaerium opacum</i>	-
<i>Miconia albicans</i>	0,1725
<i>Miconia ferruginata</i>	1,2826
<i>Miconia pohliana</i>	14,3416
<i>Mimosa claussennii</i>	0,2644
<i>Neea theifera</i>	-
<i>Ouratea hexasperma</i>	19,4335
<i>Palicourea rigida</i>	1,3528
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,9991
<i>Pouteria ramiflora</i>	12,9360
<i>Pouteria torta</i>	3,2521
<i>Pterodon pubescens</i>	9,5821
<i>Qualea grandiflora</i>	29,3106
<i>Qualea multiflora</i>	2,7447
<i>Qualea parviflora</i>	46,5887
<i>Rapanea guianensis</i>	1,8425
<i>Roupala montana</i>	4,2636
<i>Rouraa induta</i>	0,2012
<i>Salacia crassifolia</i>	-
<i>Salada elliptica</i>	0,2786
<i>Schefflera macrocarpa</i>	13,3447
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	109,1104

<i>Strychnos pseudoquina</i>	12,6649
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	-
<i>Styrax ferrugineus</i>	4,0081
<i>Symplocos rhamnifolia</i>	1,2949
<i>Tabebuia aurea</i>	-
<i>Tabebuia ochracea</i>	0,5179
<i>Tocoena formosa</i>	0,0231
<i>Vatairea macropoda</i>	2,0453
<i>Vochysia elliptica</i>	6,0106
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	39,3153
TOTAL	463,8477

Fonte: Adaptado de REZENDE, 2002.

Após passar pela Etapa 1 e Etapa 2, o estoque de carbono ( $\text{g C m}^{-2}$ ) de cada espécie adulta foi multiplicado por sua quantidade plantada, resultando no estoque de carbono na biomassa aérea das mudas plantadas considerando-as adultas.

### 3. Cálculo do estoque de carbono por espécie plantada

O valor do estoque de carbono por espécie plantada foi estimado com base na equação alométrica desenvolvida para o mesmo cerrado *sensu stricto* estudado por Paiva et al. (2011):

$$EC = - 0,24564 + 0,01456.Db^2.H \text{ (R}^2 = 98,29\% \text{ e Syx} = 25,79\%)$$

EC = estoque de carbono em kg por árvore;

Db = diâmetro da base (cm);

H = altura total da árvore (m);

$R^2$  = coeficiente de determinação;

Syx = erro-padrão da estimativa.

### 4. Cálculo da taxa média anual de sequestro de carbono por espécie

A taxa média anual de sequestro de carbono da vegetação foi calculada a partir da equação:

$$TA = (\ln W_2 - \ln W_1) / A t$$

Em que:

TA = taxa média anual de sequestro de carbono da vegetação;

$\ln W_1$  e  $\ln W_2$  = logaritmo neperiano do valor obtido para estoque de carbono nos indivíduos plantados e nos indivíduos adultos estudados por Rezende (2002), respectivamente;

At = intervalo de tempo.

#### 4.8 Taxa de Incremento

A taxa de incremento do diâmetro de cada muda plantada foi considerada a partir do cálculo do incremento médio de cada família ou média total das famílias, baseado nos dados da Tabela 6 e da Tabela 7 de Rezende (2002), que analisou o incremento anual em diâmetro (tomado a 0,30 m do nível do solo) e área seccional (secções de comprimentos variáveis ao longo do tronco) de todas as espécies e de todos os indivíduos com Db igual ou superior a 5 cm, durante o período de 1995-2000, para seis tratamentos, que são os tipos de atividades de corte aplicados.

**Tabela 6.** Incremento periódico anual em diâmetro (IPADb) obtido para as espécies de maior densidade, amostradas nas áreas do Cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF, submetidas aos diferentes tratamentos, no período de 1995-2000

Tratamento	Espécie	1995-2000 IPADb cm ano <sup>1</sup>
1	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,59
	<i>Byrsonima crassa</i>	0,40
	<i>Caryocar brasiliense</i>	0,31
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,26
	<i>Eriotheca pubescens</i>	0,45
	<i>Miconia pohliana</i>	0,56
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,50
	<i>Schefflera macrocarpa</i>	0,29
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	0,47
	<i>Vochysia elliptica</i>	0,45
2	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,33
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,29

	<i>Miconia pohliana</i>	0,45
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,54
	<i>Qualea grandiflora</i>	0,36
	<i>Schefflera macrocarpa</i>	0,36
	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	0,66
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,33
	<i>Eriotheca pubescens</i>	0,54
3	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,67
	<i>Qualea grandiflora</i>	0,30
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	0,34
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,29
4	<i>Eriotheca pubescens</i>	0,36
	<i>Miconia pohliana</i>	0,41
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,08
5	<i>Eriotheca pubescens</i>	0,54
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,72
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	0,23
6	<i>Miconia pohliana</i>	0,47
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,59
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	0,61

Fonte: Adaptado de REZENDE, 2002.

**Tabela 6.** Incremento periódico anual em área seccional (IPA<sub>AS</sub>) obtido para as espécies de maior densidade amostradas nas áreas do Cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF, submetidas aos diferentes tratamentos, no período de 1995-2000.

Tratamento	Espécie	1995-2000 IPADb cm ano <sup>1</sup>
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7,05
	<i>Byrsonima crassa</i>	3,98
	<i>Caryocar brasiliense</i>	3,34
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	2,90
1	<i>Eriotheca pubescens</i>	7,87
	<i>Miconia pohliana</i>	6,70
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	5,05
	<i>Schefflera macrocarpa</i>	3,50
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	5,54

	<i>Vochysia elliptica</i>	5,75
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	3,19
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	2,99
	<i>Miconia pohliana</i>	5,08
2	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	5,96
	<i>Qualea grandiflora</i>	3,56
	<i>Schefflera macrocarpa</i>	3,94
	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	9,28
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	3,51
	<i>Eriotheca pubescens</i>	7,38
3	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	7,56
	<i>Qualea grandiflora</i>	2,89
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	3,69
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	2,99
4	<i>Eriotheca pubescens</i>	3,88
	<i>Miconia pohliana</i>	4,20
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	1,00
5	<i>Eriotheca pubescens</i>	6,53
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	8,11
	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	2,26
6	<i>Miconia pohliana</i>	5,03
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	6,12
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	7,64

---

Fonte: Adaptado de REZENDE, 2002.

## 5. Resultados e Discussão

### 5.1 Inventário de Emissões de GEEs

As emissões são oriundas das principais fontes de emissão de GEEs do IICA, que foram divididas em Escopo 1 e Escopo 2 correspondentes as fontes diretas e as fontes indiretas, respectivamente.

#### 5.1.1 Escopo 1

Os resultados das emissões de GEE devido ao consumo de combustíveis por fontes móveis foram 11,81 t CO<sub>2</sub> pelo transporte aéreo e 8,19 t CO<sub>2</sub> pelo transporte terrestre.

### 5.1.2 Escopo 2

O resultado da emissão de GEE por causa do consumo de energia elétrica foi de 7,3993 t CO<sub>2</sub>, de 1,2558 t CO<sub>2</sub> devido o consumo de papel A4 e papel carta e de 0,0108 t CO<sub>2</sub> pela geração de efluente.

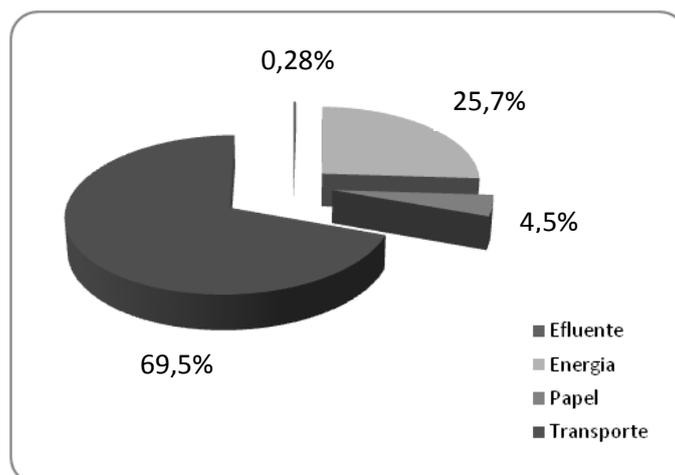
### 5.1.3 Emissão Total

Na Tabela 8, abaixo, se observa que após o somatório do valor de emissão t CO<sub>2</sub> de cada fator resultou no total de 28,67 t CO<sub>2</sub> emitidos no período de Janeiro/2010 a Junho/2011 pelo IICA.

**Tabela 8.** Emissão total de CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>) por cada fator de emissão

Fator de emissão	Emissão (t CO <sub>2</sub> )
Efluente	0,01
Energia elétrica	7,4
Papel A4 e papel carta	1,3
Transporte aéreo e terrestre	20,0
<b>TOTAL</b>	<b>28,7</b>

O fator de transporte foi o que mais contribuiu para as emissões de GEE, emitiu 20,0 t CO<sub>2</sub>, o que corresponde a 69,5% das emissões totais. O segundo maior emissor foi o consumo de energia elétrica com 7,4 t CO<sub>2</sub> (25,7%), seguido pelo consumo de papel A4 e papel carta com 1,3 t CO<sub>2</sub> (4,5%). A geração de efluente foi o fator que menos atribuiu para as emissões, com o valor de 0,0108 t CO<sub>2</sub> (0,28%). Na Figura 12 observa-se melhor essa relação.



**Figura 12** Gráfico de porcentagem de emissão de CO<sub>2</sub> por cada fator de emissão.

## 5.2 Análise química de solo comparativa

A coleta de solo realizada foi utilizada para definir as características químicas na área de estudo - Assentamento Itaúna – GO - por meio de análise laboratorial. Na Tabela 9 se encontram a média e o desvio padrão da análise química de solo por quadrante, considerando oito parâmetros.

**Tabela 9.** Resultado da análise química de solo por quadrante

Quadrante	pH (mol L <sup>-1</sup> ) Média ± DP	H+Al (mmolc dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP	P (mg dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP	K (mmolc dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP
Q1	4,4 ± 12,2	44,7 ± 12,2	3,3 ± 1,7	0,5 ± 0,1
Q2	4,3 ± 2,2	44,3 ± 9,3	3,5 ± 0,7	0,6 ± 0,2
Q3	4,4 ± 0,1	42,3 ± 4,5	4,0 ± 2,0	0,6 ± 0,0
Q4	4,3 ± 0,1	46,0 ± 10,6	3,3 ± 0,6	0,7 ± 0,1

**Tabela 9.** Resultado da análise química de solo por quadrante (continuação)

Quadrante	Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP	Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP	CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP	M.O. (g dm <sup>-3</sup> ) Média ± DP
Q1	<3	<1	47,8 ± 12,6	24,3 ± 3,1
Q2	<3	<1	48,5 ± 9,5	23,7 ± 4,0
Q3	<3	<1	46,2 ± 5,1	21,3 ± 5,0
Q4	<3	<1	48,9 ± 10,5	22,7 ± 1,2

O pH no Q4 foi de 4,3 quadrante que apresentou maior acidez. A acidez variou de 42,3 mmolc dm<sup>-3</sup> no Q3 a 46,00 mmolc dm<sup>-3</sup> no Q4. A concentração de P foi elevada no Q3 com 4,0 mg dm<sup>3</sup> e de K no Q4, apresentando 0,7 mmolc dm<sup>-3</sup>. O resultado da concentração de Ca e Mg foi de <3 e <1, respectivamente, nos quatro quadrantes.

A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo. A maior CTC foi encontrada no Q4 com 48,9 mmolc dm<sup>-3</sup>, local onde o solo pode reter maior número de cátions e a menor CTC foi no Q3 com o valor de 46,2 mmolc dm<sup>-3</sup>. O teor de matéria orgânica foi maior no Q1 com 24,3 g dm<sup>-3</sup> e o menor no Q3 com 21,3 g dm<sup>-3</sup>.

A partir dos resultados acima foi possível fazer uma análise comparativa com os dados de MENDES et al. (2012), que estudaram as propriedades química do solo de cinco fisionomias de Cerrado localizados na Reserva Ecológica da Embrapa Cerrados, Distrito Federal. De uma forma geral os parâmetros aqui analisados apresentaram valores dentro da mesma faixa dos resultados encontrados para as fitofisionomias com predominância do estrato arbóreo, estudadas por MENDES *et al.* (2012).

### **5.3 Índice de similaridade e plantio de mudas**

O índice de similaridade florística calculado entre as áreas inventariadas do Assentamento Itaúna – GO e a Fazenda Água Limpa, é de 0,5, sendo assim representativo. Valores maiores ou iguais a 0,5 indicam alta similaridade (KENT; COKER, 1992), tornando possível a comparação entre essas duas áreas e o que permitindo o plantio de mudas típicas de um cerrado *sensu stricto* no Assentamento Itaúna - GO, visto que as espécies adultas estudadas por Rezende (2002) são característica de cerrado *sensu stricto*.

### **5.4 Comparação entre as espécies plantadas e as espécies de Cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa**

Com índice de similaridade representativo, o plantio de mudas nativas do Cerrado e solo característico de um cerrado *sensu stricto*, foi possível ajustar o cálculo da quantificação de sequestro de carbono via biomassa aérea com base nos dados de estoque de carbono, de incremento e equações de Rezende (2002) para encontrar com maior precisão o número de árvores para compensar as emissões de GEE.

Os resultados dos quatro passos metodológicos utilizados seguem abaixo:

### 1. Altura média total e diâmetro médio total das mudas plantadas

Os resultados da altura média total e diâmetro médio total das mudas plantadas se encontram na Tabela 11.

**Tabela 10.** Altura média total (m) e diâmetro médio total da base (cm) por espécie

<b>Espécie</b>	<b>Altura média total m</b>	<b>Diâmetro médio total da base cm</b>
<i>Alibertia edulis</i>	0,42	121,03
<i>Annona crassiflora</i>	0,18	22,28
<i>Astronium fraxinifolium</i>	0,31	9,4
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	0,53	69,31
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0,75	11,56
<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	0,48	15,39
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,33	10,05
<i>Croton urucurana</i>	0,69	54,43
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	0,15	21,8
<i>Dipteryx alata</i>	0,22	21,86
<i>Eriotheca pubescens</i>	0,13	7,62
<i>Eugenia dysenterica</i>	0,16	0,75
<i>Hancornia speciosa</i>	0,28	14,68
<i>Inga laurina</i>	0,51	13,56
<i>Luehea divaricata</i>	0,21	4,55
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,36	17,88
<i>Qualea dichotoma</i>	0,48	4,55
<i>Qualea grandiflora</i>	0,07	0,15
<i>Salacia crassifolia</i>	0,09	6,82
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	0,69	29,86
<i>Tabebuia aurea</i>	0,22	6,44
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0,25	4,49
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,29	6,12
<i>Talisia esculenta</i>	0,15	1,5

<i>Terminalia phaeocarpa</i>	0,57	10,49
<i>Tocoyena formosa</i>	0,23	8,4

## 2. Estoque de carbono por espécie adulta

O resultado do estoque de carbono considerando as espécies em estágio maduro – adultas - segue na Tabela 12. O valor total (final) foi de 2747,89 g C m<sup>2</sup>.

**Tabela 11.** Estoque de carbono (g C m<sup>2</sup>) por espécie adulta

Espécie	Estoque médio de carbono g C m <sup>2</sup>
<i>Alibertia edulis</i>	130,97
<i>Annona crassiflora</i>	8,35
<i>Astronium fraxinifolium</i>	8,35
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	70,96
<i>Calophyllum brasiliense</i>	27,30
<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	54,59
<i>Copaifera langsdorffii</i>	137,94
<i>Croton urucurana</i>	229,19
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	65,48
<i>Dipteryx alata</i>	344,85
<i>Eriotheca pubescens</i>	65,21
<i>Eugenia dysenterica</i>	65,48
<i>Hancornia speciosa</i>	196,45
<i>Inga laurina</i>	65,48
<i>Luehea divaricata</i>	130,97
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	327,42
<i>Qualea dichotoma</i>	193,45
<i>Qualea grandiflora</i>	193,45
<i>Salacia crassifolia</i>	4,18
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	275,88
<i>Tabebuia aurea</i>	7,77
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	7,77
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	5,18
<i>Talisia esculenta</i>	65,48
<i>Terminalia phaeocarpa</i>	65,48
<i>Tocoyena formosa</i>	0,23
<b>TOTAL</b>	<b>2747,89</b>

### 3. Estoque de carbono plantado

O resultado do estoque de carbono na biomassa aérea das mudas plantadas se encontra na Tabela 13, abaixo. O valor total do estoque plantado (inicial) foi de 80,67 quilos de carbono.

**Tabela 12.** Estoque de carbono (kg) por espécie plantada

<b>Espécie</b>	<b>Estoque de carbono kg</b>
<i>Alibertia edulis</i>	14,41
<i>Annona crassiflora</i>	1,55
<i>Astronium fraxinifolium</i>	1,01
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	26,68
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1,02
<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	1,90
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,24
<i>Croton urucurana</i>	18,80
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	0,24
<i>Dipteryx alata</i>	1,48
<i>Eriotheca pubescens</i>	0
<i>Eugenia dysenterica</i>	0
<i>Hancornia speciosa</i>	1,56
<i>Inga laurina</i>	0,76
<i>Luehea divaricata</i>	0,03
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	4,44
<i>Qualea dichotoma</i>	0,07
<i>Qualea grandiflora</i>	0
<i>Salacia crassifolia</i>	0
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	5,71
<i>Tabebuia aurea</i>	0,06
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,02
<i>Talisia esculenta</i>	0
<i>Terminalia phaeocarpa</i>	0,62
<i>Tocoyena formosa</i>	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>80,67</b>

#### 4. Taxa média anual de sequestro de carbono por espécie

Para a comunidade vegetal plantada, considerando que a taxa de mortalidade dos indivíduos é equivalente à taxa de recrutamento, ou seja, estimando que para cada indivíduo morto o mesmo será repostado ao longo do tempo, demoraria cerca de 78 anos para esta comunidade estocar a mesma quantidade de carbono de um cerrado *sensu stricto* nativo de referência (PAIVA *et al.*, 2011), localizado na Fazenda Água Limpa, DF. Dessa forma, o resultado encontrado da taxa média anual de sequestro de carbono da vegetação foi de 34,20 kg C ano<sup>1</sup>.

As 500 mudas apresentam o valor de estoque de carbono na biomassa aérea inicial de 80,7 kg C e que precisam compensar 28,7 tCO<sub>2</sub>. Dessa forma, para que a compensação das emissões seja realizada em um ano faz se necessário o plantio de 177.700 mudas, considerando a mesma proporção da quantidade de cada espécie nativa de Cerrado plantada.

#### 6. Conclusão

A partir dos resultados do presente estudo foi possível concluir que:

- Com o inventário de emissões de gases de efeito estudados foi possível identificar a principal fonte de emissão sendo a de transporte.
- Com o índice de similaridade representativo, conclui-se que as espécies que constam no inventário do assentamento e no da área de estudo de Rezende (2002) apresentam similaridade no acumulo de carbono na biomassa aérea.
- As 500 mudas plantadas no Assentamento Itaúna – GO levarão 78 anos para sequestrar as 28,7 tCO<sub>2</sub> emitidas pelo IICA em um ano e meio.
- Com o ajuste do cálculo foi possível perceber a importância de coletar os dados necessários para se estimar com maior precisão o estoque de carbono na biomassa aérea plantada e realizar a projeção.

#### 7. Recomendações

- Aconselha-se a utilização da metodologia para quantificar o sequestro de carbono pela biomassa aérea em outros estudos, a fim de garantir maior precisão no número de árvores para compensação ambiental.

- Realizar o inventário de emissões de gases de efeito estufa que é uma ferramenta de gestão ambiental para monitorar as emissões de uma instituição e propor ações para diminuí-las.
- A compensação de emissões deve ser aplicada todo ano, visto que a compensação por meio de plantio não ocorre de imediato.

## 8. Referências Bibliográficas

ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASANI, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a Cerrado in central Brazil. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/revista2/art2.html>.1998>. Acesso em: 8 jun. 2012.

ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – o caso do cerrado brasileiro. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2003. 10p.

ANDRADE R. T. G.; MATTOS K. M. C. A pegada de carbono da unidade sede da Petrobras em Natal – RN, 2011. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/512/421>>. Acesso em: 9 jun.2011.

ANTEZANA, F. L. Crescimento inicial de 15 espécies nativas do bioma cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem, em Planaltina-DF. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008. p.20. 22 p.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Manual de recuperação de matas ciliares para produtores rurais. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2006.

BRASIL, G. H.; JUNIOR, P. A. S.; JUNIOR, J. A. C. Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão 3 (1), p. 15-26. 2008.

CARVALHO, E. C.; LIMA, M. A. Emissões de CO<sub>2</sub> equivalente provenientes de atividades ligadas a estágio de iniciação científica.

CARVALHO, J. L .N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. Rev. Bras. Ciênc. Solo v. 34, n 2. Viçosa mac./abr. 2010.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. Agricultura e Aquecimento Global.

CORRÊA, R. S; FILHO, B. M. Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado. (orgs.), et alii: Paralelo 15, 1998. 13 p.

DEFRA. 2008 Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emission Factors. Disponível em: <<http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/passengertransport.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. - 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FGV; WORLD RESOURCES INSTITUTE. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2. ed.

FLIZIKOWSKI, L. C. Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.

GHG Protocol. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/CapaSecao&id=1>>. Acesso em: 21 nov. 2011.

GUEDES, F. B; SEEHUSEN, S. E. Pagamento por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Brasília: MMA, 2011. 17 p.

IBAMA. PROCONVE “Nota Verde”. Disponível em: <[http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel\\_marca\\_modelo\\_rvep.php](http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel_marca_modelo_rvep.php)>. Acesso em: 22 nov. 2011.

IPCC. Conferência Latino-Americana sobre Meio Ambiente e Responsabilidade Social. Relatório do IPCC/ONU – Novos Cenários Climáticos. Versão em português, 2007.

KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2008. 91 p.

Kent, M.; Coker, P. Vegetation description analyses. London: Behaven Press, 1992. p. 363.

KLINK, Carlos. Quanto mais quente, melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas. São Paulo: Petrópolis; Brasília: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2007.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Ver Megadiversidade, v. 1, n. 1, jun. 2005. 148 p.

LOPES, I. M. R. O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação 2009. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, FIDES, 2009. 24 p.

MA. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC. Disponível em: <<http://www.maweb.org/documents/document.446.aspx.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2012.

MACEDO, A. C.. Revegetação de matas ciliares e de proteção ambiental. São Paulo: São Paulo, 1993. 30 p.

MELO, V. G. Uso de espécies nativas do bioma cerrado na recuperação de área degradada de Cerrado Sentido Restrito, utilizando lodo de esgoto e adubação química. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. Publicação EFLM 063. 7 p.

MENDES, I. C.; FERNANDES, M.F.; CHAER, G.M.; JUNIOR, F.B.R. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. *Plant Soil*, DOI 10.1007/s11104-012-1195-6, 2012.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, W.; GIL, P. R.; MITTERMEIER, C. G. 2000. Hotspots. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex, Washington, 2005.

MMA; MDS; MTCid. Subsídios à elaboração da 1º Conferência Nacional de Saúde Ambiental: Plano Nacional de Qualidade do Ar. Vol. 1. 2009.

MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. 15 p.

MOURA, A. C. C. Recuperação de áreas degradadas no Ribeirão do Gama e o envolvimento da comunidade do Núcleo Hortícola de Vargem Bonita, DF. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 3 p.

NAPPO, M. E.; GOMES, L. J.; CHAVES, M. M. F. Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares.

OGAWA, William Afonso. Compensação ambiental e unidades de conservação: questões sensíveis e visões econômica e jurídica. Brasília, 2010.

OTTMAR, et al. Séries de Estereo-Fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do Cerrado do Brasil central. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2001. p.14-87.

PACHECO, M. R. P. S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO<sub>2</sub>. *Estud. av.* vol.4 no.9 São Paulo May/Aug. 1990.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. R.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em Cerrado sensu stricto do Distrito Federal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.527-538. 2011.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 4 p.

RAMSEUR, J.L. The Role of Offsets in a Greenhouse Gas Emissions Cap-and-Trade Program: Potential Benefits and Concerns. CRS Report for Congress, 2008. p. 5-8.

RENNER, R. M. Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004. 9 p.

REZENDE, A. V. Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Área de Manejo Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FILHO, A. F.; FELFILI, J.M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. *Scientia Forestalis*, n.71, p. 65-73. 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, A. M.; ALMEIRA, S. P. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina - DF: EMBRAPA – CPAC, 1998. p. 89-168.

SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J.F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. 117 p. 174 p. 394 p.

TUNHOLI, V. P. Etnobotânica e fitossociologia da comunidade arborea e efeito do fogo em *Eugenia dysenterica* DC. na reserva legal de um assentamento de reforma agrária no Cerrado. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

VIEIRA, S. A. Mudanças globais e taxa de crescimento arbóreo na Amazônia. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP, 2003. 28 p.