



## **Restauração de APPs degradadas e a viabilização do sequestro de carbono: estudo de uma bacia hidrográfica urbana no município de Passos - MG**

### **Restoration of degraded APPs and the viability of carbon sequestration: study of an urban watershed in the city of Passos - MG**

Rômulo Amaral Faustino Magri<sup>1</sup>(\*)  
Thais Carolina Baião<sup>2</sup>

#### **Resumo**

As intensas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para atmosfera, incluindo o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), causadas na maioria das vezes pela ação antrópica, passaram a ser o principal motivo da aceleração das mudanças climáticas. As áreas de preservação permanente (APPs) de recursos hídricos têm como função primordial proteger os corpos d'água e contribuir para a biodiversidade. Além disso, a vegetação presente nestas áreas contribui para minimizar o efeito estufa através do sequestro de carbono (CO<sub>2</sub>) que promove. Desse modo, tornaram-se alvo de grande preocupação no sentido da sua conservação e recuperação. Sendo assim, este trabalho visou diagnosticar a degradação das APPs de uma bacia hidrográfica urbana do município de Passos - MG e estimar o potencial de sequestro de carbono através da sua recuperação. Foram utilizadas imagens de satélite, técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, trabalhos em campo e laboratório. Foram identificados os níveis de degradação das APPs e fez-se a estimativa do estoque de carbono presente na biomassa arbórea viva, biomassa arbustiva e herbácea e serapilheira em uma área representativa, selecionada para a amostragem. Os resultados foram extrapolados e pode-se determinar qual a contribuição, em termos de estoque de carbono de biomassa sequestrado, que a restauração florestal das áreas degradadas pode trazer para área de estudo. O carbono sequestrado em

---

1 Msc.; Engenheiro Ambiental; Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e do Curso de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Passos; Endereço: Avenida Juca Stockler, 1130, CEP: 37900-000, Passos, Minas Gerais, Brasil; E-mail: romulomagri@hotmail.com (\*) Autor para correspondência.

2 Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Passos, Passos, Minas Gerais, Brasil; E-mail: thais.carol.baiao@hotmail.com.



biomassa vegetal pode ser uma alternativa para a obtenção de créditos de carbono do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, preconizados no Protocolo de Kyoto.

**Palavras-chave:** área degradada; carbono de biomassa; sensoriamento remoto.

## Abstract

The intense emission of greenhouse gases (GHG) into the atmosphere, including carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ), caused mostly by human activities, have become the main reason for the acceleration of climate change. The permanent preservation areas (APPs) of water resources has the primary duty to protect the water bodies and contribute to biodiversity, in addition, this vegetation in these areas contribute to minimize global warming through carbon sequestration ( $\text{CO}_2$ ) that promote. Thus, become the subject of great concern towards their conservation and recovery. Thus, this study aimed to diagnose the degradation of APPs of an urban watershed in the city of Passos - MG, and estimate the potential of carbon sequestration through recovery. Satellite images were used, GIS techniques and remote sensing, field and laboratory work. The degradation of APPs levels were identified and made to estimate the stock of carbon in the living biomass tree, shrub and herbaceous biomass and litter in a representative area selected for sampling. The results were extrapolated and can determine what contribution in terms of stock kidnapped biomass carbon that forest restoration of degraded areas can bring to the study area. The carbon sequestered in plant biomass can be an alternative for obtaining carbon credits from the Clean Development Mechanism, envisaged in the Kyoto Protocol.

**Key words:** degraded area; biomass carbon; remote sensing.

## Introdução

A interferência humana direta ou indiretamente na biosfera, na busca de alimentos, no aumento do uso dos combustíveis fósseis, no desmatamento, tem causado a deterioração da qualidade ambiental, resultando na elevação significativa

da temperatura do planeta que contribui para o aquecimento global e no aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  no ar, intensificando assim o efeito estufa. Devido a estes problemas, os governos e organizações têm debatido medidas para minimizar as emissões de gases e os impactos ambientais causados.

Em 1992, foi realizada a Conferência

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem  
[www.sasgeo.eco.br](http://www.sasgeo.eco.br)



das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a qual tem como documento principal a Agenda 21, que tem como instrumento de planejamento participativo a sustentabilidade, a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico. Comprometidos com esse objetivo, em 1997, na cidade de Kyoto, no Japão, a Conferências das Partes entendeu pela formalização do compromisso no sentido de implementar medidas efetivas no combate à mudança do clima mundial.

Desta reunião entre os países membros surgiu o protocolo de Kyoto, o qual estabelece metas para a redução da emissão de gases poluentes que contribuem para o “efeito estufa”, em destaque o  $\text{CO}_2$ . O movimento resultou na criação de dois grupos de países. Em um deles estão compreendidos os países mais desenvolvidos e conseqüentemente maiores emissores de GEE's (gases de efeito estufa, dentre eles os mais significativos  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), e o outro os países não relacionados no anexo 1, o qual se encontra o Brasil. Ambos se comprometeram a cumprir determinadas metas na emissão de GEE's, ou eram punidos com pesadas multas. Se não as cumprissem, poderiam comprar “quotas” dos não mencionados no anexo 1. Exemplo dessas “quotas” é um dos assuntos tratados neste trabalho, o sequestro de carbono.

Sequestro de carbono é um processo de remoção de gás carbônico e refere-se a processos de absorção e armazenamento de  $\text{CO}_2$  atmosférico, com intenção de minimizar

seus impactos no ambiente, já que se trata de um gás de efeito estufa. As formas de sequestrar o carbono são pelas florestas através da fotossíntese, pelos oceanos, pelo solo, nas camadas de carvão, entre outros (RENNER, 2004).

Uma das maneiras de absorção de carbono é através da fotossíntese nas plantas, ou seja, o sequestro de carbono por vegetação. A absorção de carbono da atmosfera pode ser realizada com a alteração do uso do solo em uma determinada região. Isto é, mudar o padrão de cobertura vegetal de uma determinada área substituindo uma cobertura vegetal por outra que agregue maior quantidade de carbono (MARTINS, 2004).

Diante do contexto apresentado, o objetivo principal deste trabalho é analisar as áreas de preservação permanente (APP) de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica na área urbana do município de Passos-MG, visando determinar o seu grau de degradação e avaliar o potencial de sequestro de carbono através da restauração florestal destas áreas.

## Material e Métodos

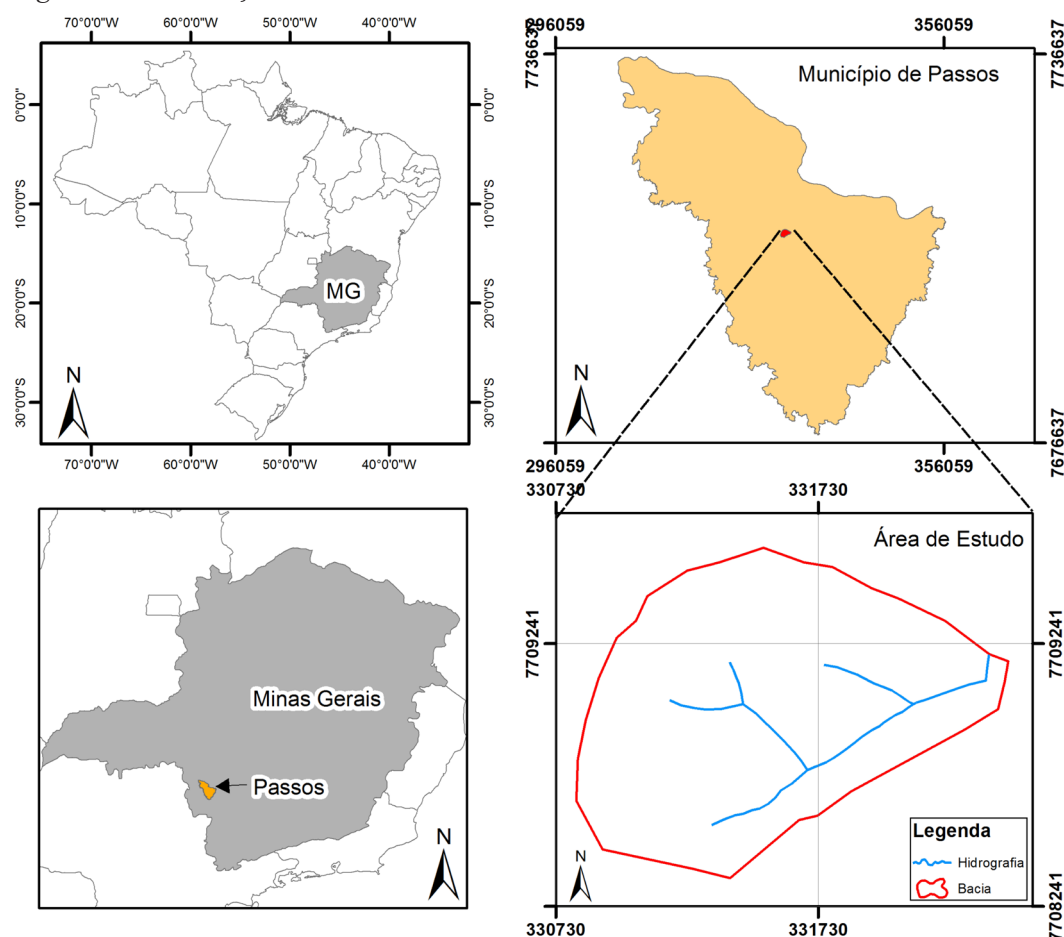
Localizada no sudoeste do estado de Minas Gerais, a área de estudo corresponde a uma bacia hidrográfica situada na área urbana do município de Passos. O município possui uma área de aproximadamente 1.338,070  $\text{km}^2$  e, de acordo com as estimativas do IBGE, apresenta uma população de 113.112 habitantes (IBGE, 2015). A figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem  
www.sasgeo.eco.br



Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Os autores.

Para atingir os objetivos propostos, foram realizados trabalhos em gabinete, campo e laboratório. Os trabalhos de gabinete consistiram em geoprocessamento e sensoriamento remoto. Em campo, foram feitas coletas, registros fotográficos e validação das informações e, em laboratório, foi estimada a biomassa.

### Elaboração da Base Cartográfica

Estruturou-se a base cartográfica no SIG ArcGIS 10 utilizando a carta topográfica de Passos-MG, na escala de 1:50.000, disponibilizada pelo IBGE, com imagens de satélite RapidEye com resolução espacial de 5 m, cedidas pelo IBAMA e

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem

www.sasgeo.eco.br



também imagens de satélite obtidas junto ao aplicativo Google Earth. Foi necessário homogeneizar os referenciais geodésicos e, em seguida, fez-se o georreferenciamento.

A delimitação da bacia hidrográfica foi feita manualmente, por meio da análise do relevo através da carta topográfica e imagem de satélite, utilizando os recursos do ArcMap. Compreendendo quatro nascentes em área urbana e os seus respectivos cursos d'água, a bacia possui uma área de 1,31 km<sup>2</sup>.

### Mapeamento das APPs

A hidrografia da área de estudo foi digitalizada a partir da carta topográfica do IBGE e ajustada na imagem de satélite. Em seguida, as áreas de preservação permanente de recursos hídricos (nascentes e corpos d'água) foram delimitadas por meio da ferramenta Buffer. Para os corpos d'água, utilizou uma faixa de 30 m para cada margem e, para as nascentes, um raio de 50 m, conforme estabelecido no artigo 4º do atual Código Florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012).

### Classificação das categorias de degradação das APPs

O mapa pelo qual classifica as categorias de degradação das APPs foi realizado por meio da interpretação das imagens de satélite em ambiente SIG e levantamentos de campo para validação das informações. Com as faixas de APP definidas, foram identificados os tipos de cobertura e uso do solo. Foram delimitados

os polígonos com homogeneidade quanto ao tipo de uso do solo, em que se observou a textura e rugosidade, principalmente. As faixas de APP foram classificadas em:

- **Arbóreo fechado:** enquadrou as faixas de florestas muito adensadas de vegetação de grande porte.
- **Arbóreo arbustivo aberto:** enquadrou as áreas de capoeira com poucas árvores e áreas com maior predominância de gramíneas.
- **Herbáceo predominante:** enquadrou áreas de campo e área aberta.
- **Solo exposto:** áreas sem nenhum tipo de cobertura vegetal.
- **Áreas consolidadas:** enquadrou em áreas ocupação antrópica, como, por exemplo, casas, ruas e avenidas.

### Determinação do carbono de biomassa

Foi estimada a biomassa presente nas áreas vegetadas e que não apresentam degradação. Em seguida, a estimativa foi extrapolada para indicar qual será o sequestro de carbono caso ocorra o restauro florestal das áreas degradadas. A metodologia utilizada é baseada no manual da Embrapa (AREVATO, 2002), sendo os critérios analisados biomassa de arbóreas vivas, biomassa arbustiva e herbácea e biomassa da serapilheira, como demonstrado nas etapas abaixo.

### Etapa I – Procedimento para determinar a biomassa vegetal

**Biomassa arbóreas vivas:** é representada por (troncos, ramos e folhas) de árvores com diâmetro maior de 2,5 cm. Foram marcadas 5



parcelas de 4x25 m em cada área amostrada e realizada a medição do diâmetro na altura do peito (DAP), sendo preenchidas planilhas para registro, indicando nome e local da espécie florestal, descrevendo se é ramificada ou não, indicando a densidade da madeira da espécie (alta: 0,8; média: 0,6 ou baixa: 0,4), se é cipó ou palmeira. As planilhas de trabalho de campo foram tabuladas planilhas no Excel e realizados os diferentes cálculos de biomassa e de carbono.

**Biomassa arbustiva e herbáceas:** representadas pela biomassa sobre o solo de gramíneas, arbustos com menos de 2,5 cm de diâmetro. Foram marcados dois quadrantes de 1x1 m, dentro das parcelas de 4x25 m, sendo cortada toda biomassa a nível do solo, registrado o peso fresco por m<sup>2</sup> e levada ao Laboratório de Análise de Solo e Foliar da UEMG-Unidade Passos, para secagem do material em estufa de ar quente a 70 °C por um período de 24 horas. O peso da amostra foi estimado em t/ha, e. Este valor foi multiplicado pelo fator 0,45, obtendo-se a quantidade de carbono contida nesta biomassa.

**Biomassa da serapilheira:** é representada pela biomassa de galhos, ramos e outros materiais mortos acumulados. Foi marcado um sub-quadrante de 0,5x0,5 m e coletada toda a serapilheira, e, em seguida registrado o peso fresco em 0,25 m<sup>2</sup>. Desta amostra foi retirada uma subamostra de aproximadamente 300 g, foi registrado seu peso e levada a laboratório para ser secada em estufa a 70 °C até obter-se peso seco

constante. O peso seco da subamostra é estimado em t/ha e este valor foi multiplicado pelo fator de 0,45, obtendo-se a quantidade de carbono nesta biomassa.

## **Etapas 2 – Cálculo para determinar o carbono na biomassa vegetal total**

Para estimar a biomassa vegetal total, foram feitos cálculos da biomassa arbórea viva, arbustiva/herbáceas e serapilheira, que, ao final, foram somadas. Todos os cálculos foram feitos em planilhas no Excel.

Para calcular a biomassa arbórea viva utilizou-se a seguinte equação:

$$BA = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Onde: 0,1184 = constante; DAP = diâmetro na altura do peito em cm; 2,53 = constante.

Para calcular a quantidade de biomassa por hectare, foi somado a biomassa de todas as árvores medidas e registradas (BTAV) e multiplicado pelo fator de conversão 0,1.

Em seguida, foi calculada a biomassa arbustiva/herbáceas através da seguinte equação:

$$BAH \text{ (t/ha)} = (\text{PSM}/\text{PFM}) \times 0,1$$

Onde: PSM = peso seco da amostra coletada; PFM = peso fresco da amostra coletada; 0,1 = fator de conversão.

Para calcular a biomassa da serapilheira, utilizou-se a equação abaixo:

$$BH \text{ (t/ha)} = (\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT} \times 0,04$$



Onde: BH = biomassa da serrapilheira, matéria seca; PSM = peso seco da amostra coletada;

PFM = peso fresco da amostra coletada; PFT = peso fresco total por metro quadrado; 0,04 = fator de conversão.

### Etapa 3 – Cálculo do carbono total

Com os dados obtidos nos cálculos da biomassa vegetal total, estimou-se a quantidade de carbono existente pela seguinte equação:

$$CBV \text{ (t/ha)} = BVT * 0,45$$

Onde: CBV (t/ha) = carbono na

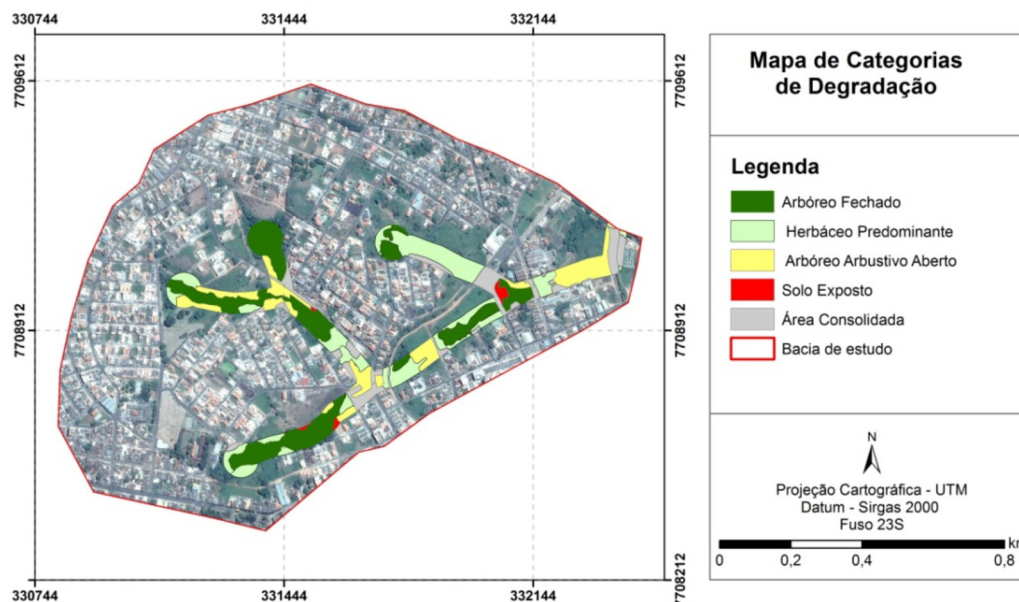
biomassa vegetal; BVT = biomassa vegetal total; 0,45 = constante.

## Resultados e Discussão

### Análise das APPs

Na bacia hidrográfica existe uma área de 165.159,38m<sup>2</sup> que corresponde à APP, segundo o Código Florestal atual. Através da imagem de satélite, visitas em campo e por meio de SIG, foram geradas e quantificadas as categorias de degradação existentes na área de estudo (Figura 2). A tabela 1 apresenta os dados quantitativos.

Figura 2 - Mapa de categorias de degradação



Fonte: Autores (2015).

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem

www.sasgeo.eco.br



Predomina na área a vegetação arbórea fechada, abrangendo 4,99 ha da área, o que corresponde a 30% da área total de APPs. O solo exposto corresponde a 1% da área total, com 0,20ha, e está em menor percentual por se tratar de pequenas áreas geralmente próximas às vias de circulação, onde esta área é usada para depósito de resíduos e seguidamente são efetuadas queimadas e limpeza desta, retirando-se toda vegetação existente no local.

A partir do Mapa de Categorias de Degradação, foi possível analisar e definir quais são as áreas que necessitam ser recuperadas. As áreas indicadas a serem reflorestadas são aquelas classificadas como: herbáceo predominante, arbóreo arbustivo aberto e solo exposto. A quantidade de área a ser reflorestada corresponde a 49,7% da área total de APPs.

Tabela 1 - Classificação e quantificação das categorias de degradação

Categorias de degradação	Área (ha)
Arbóreo fechado	4.99
Herbáceo Predominante	4.37
Arbóreo Arbustivo Aberto	3.63
Solo exposto	0.20
Áreas consolidadas	3.31

Fonte: Os autores.

### Estimativa do sequestro de carbono

Foi amostrada uma área de, aproximadamente, 2.000 m<sup>2</sup> dentro da APP, o que corresponde a 1,21% da área total. Os cálculos totalizaram 3.485,85t/ha de biomassa vegetal total, sendo 1.568,63 t/ha de carbono sequestrado da biomassa vegetal total analisada. As demais áreas foram estimadas pela porcentagem que elas correspondem à área total de acordo com a área amostrada. A tabela 2 apresenta os dados quantificados.

A área a ser reflorestada compreende as categorias: solo exposto, herbáceo predominante e arbóreo arbustivo aberto e ocupa uma área de 8,2 ha percentualmente 49,7% da área total das APPs da área de estudo. Caso seja realizado o restauro florestal destas áreas degradadas, a vegetação, ao atingir o porte da área amostrada, sequestrará 64.313,8 t/ha de carbono, sendo uma alternativa para a geração de crédito de carbono.

Cardoso et al. (2015) relata que a quantidade de carbono sequestrado por uma determinada cobertura vegetal constitui-se em um importante indicador de serviço ambiental e que, apesar do total armazenado no solo seja maior que o encontrado na biomassa vegetal, a restauração de áreas degradadas contribui de forma significativa para o incremento da armazenagem de carbono.





Tabela 2 - Classificação e quantificação das categorias de degradação

Classificação da área	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	%	CO <sub>2</sub> (t/ha)
Amostragem	2.000	0,2	1,2	1.568,63
Arbóreo Fechado	49.992,65	4,99	30,3	39.137,3
Área a ser reflorestada	82.062,62	8,20	49,7	64.313,8

Fonte: Os autores.

### Considerações Finais

A interpretação das imagens de satélite e verificações em campo possibilitaram classificar a APP da bacia hidrográfica em categorias de acordo com seu grau de degradação, a saber, arbóreo fechado, arbóreo herbáceo aberto, herbáceo predominante, área consolidada e solo exposto. A vegetação arbórea fechada foi a mais ocorrente na área, perfazendo 30,3% da área total de APPs.

As amostragens em campo foram necessárias para estimar a biomassa potencial, apesar das dificuldades da amostragem, por se tratar de matas muito fechadas, abandonadas e com áreas muito íngremes. A metodologia

é de fácil aplicação.

As informações sobre classes de degradação podem ser úteis na definição de áreas prioritárias para a conservação e fornece subsídios para delinear ações que visem a recuperação ambiental das APPs, promovendo assim uma melhoria nos serviços ambientais prestados pelas APPs.

A restauração florestal das áreas degradadas pode trazer uma efetiva contribuição em termos de estoque de carbono de biomassa sequestrado. O carbono sequestrado em biomassa vegetal pode ser uma alternativa para a obtenção de créditos de carbono do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, preconizados no Protocolo de Kyoto.

### Referências

AREVATO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de Carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

BRASIL. Lei N<sup>o</sup> 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n<sup>os</sup> 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n<sup>os</sup> 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n<sup>o</sup> 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Casa Civil, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 28 abr. 2015.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem  
www.sasgeo.eco.br



CARDOSO, D.J.; PARRON, L.M.; FRANCISCON, L. Carbono de biomassa em floresta nativa e sistemas florestais como indicador de serviços ambientais. In: **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. [recurso eletrônico] / Lucilia Maria Parron ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IDH**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314790&idtema=118&search=minas-gerais|passos|&ndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm->>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

MARTINS, Osvaldo Stella. **Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos - SP**. 136 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Curso de Ciências, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

RENNER, Rosana Maria. **Sequestro de Carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem  
[www.sasgeo.eco.br](http://www.sasgeo.eco.br)