



## **DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO ESTOQUE DE CARBONO NA BACIA DO RIO ARAGUARI-MG (1973 E 2009)**

## **SPATIAL-TEMPORAL DYNAMICS OF CARBON STOCKS IN THE BASIN OF ARAGUARI RIVER-MG (1973 AND 2009)**

### **Jussara dos Santos Rosendo**

Professora Adjunta do Curso de Geografia da Faculdade de Ciências Integradas do Pontal – FACIP, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Campus Pontal.  
Rua Vinte, 1600, B. Tupã, CEP 38.304-402, Ituiutaba-MG, Brasil.  
E-mail: jussara@pontal.ufu.br

### **Roberto Rosa**

Professor Associado do Curso de Geografia do Instituto de Geografia – IG, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Campus Santa Mônica.  
Av. João Naves de Ávila, 2121, CEP: 38.408-100 Uberlândia - MG, Brasil  
E-mail: rrosa@ufu.br

**Resumo:** Os solos podem funcionar como fonte ou sumidouro de carbono para a atmosfera dependendo das condições climáticas e, sobretudo, do tipo de manejo adotado, pois influencia vários processos que controlam as emissões ou o sequestro de carbono pelo solo. A grande contribuição do cultivo da terra sob práticas de manejo recomendadas, na mitigação das mudanças climáticas globais, é a diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> à atmosfera. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica espaço-temporal do estoque de carbono dos diferentes usos da terra e cobertura vegetal natural presentes na bacia do Rio Araguari, Minas Gerais, Brasil, a partir da determinação do carbono orgânico total do solo (COT) nos anos 1973 e 2009. A metodologia da pesquisa envolveu a seleção das áreas ocupadas pelos diferentes usos da terra para amostragem do solo e determinação do estoque de carbono; aquisição de produtos de sensoriamento remoto e posterior mapeamento. O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal permitiu a quantificação das diferentes categorias de uso. A determinação do estoque de C presente na área de pesquisa revelou que com exceção da pastagem degradada, todos os usos da terra apresentaram valores médios de estoque de C superiores ao Cerrado na profundidade 0-20 cm.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Estoque de Carbono nos Solos, Rio Araguari-MG.

**Abstract:** Soils can act as a source or carbon sink to the atmosphere depending on the climate conditions, and the type of management adopted. The last condition can be responsible to the processes that control the emissions and soil carbon sequestration. The great contribution of land cultivation under management practices recommended in the mitigation of global climate changes is a decrease in CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. The main purpose of this study was to evaluate the spatial-temporal dynamics of carbon stocks of different land uses and natural vegetation cover in the basin of Araguari River, in Minas Gerais state, Brazil, from the determination of total soil organic carbon (TOC) in the years 1973 and 2009. The research methodology involved the selection of areas occupied by different land uses for soil sampling and determination of carbon stock; products purchase of remote sensing and mapping. The mapping of land use and vegetation cover allowed the quantification of the different categories of use. The determination of C stock present in the research area showed that all land use has average C stock higher than expected at the Cerrado. It was not observed in degraded pasture and the measurements were carried out within 0-20 cm depth.

**Keywords:** Remote Sensing, Carbon Stock, Araguari River-MG.

## **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, a preocupação da comunidade científica tem se concentrado sobre a intensificação do efeito estufa decorrente de atividades antrópicas. Essa intensificação tem como consequência o aumento da temperatura do planeta com vários impactos econômicos e ambientais tais como a elevação do nível dos mares, o aumento da frequência de eventos extremos, etc.

O quarto relatório do IPCC informou haver 90 % de probabilidade das atividades humanas serem causa da maior parte do aquecimento nas últimas décadas. Entre as consequências da mudança climática, estão a alteração nos padrões de chuva, com secas e tempestades violentas, e níveis mais elevados nos mares (IPCC, 2007).

Os principais gases da atmosfera terrestre que contribuem para o efeito estufa são o vapor d' água ( $H_2O$ ), o gás carbônico ( $CO_2$ ), o monóxido de carbono (CO), o metano ( $CH_4$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ), sendo o vapor d' água o gás mais importante para o efeito estufa (representando 3 a 4% do volume da atmosfera), e o  $CO_2$ , o segundo em importância, ocupando apenas 0,035% do volume da atmosfera (IPCC, 2007, p. 2). No entanto, a concentração do mais relevante gás de efeito estufa antropogênico ( $CO_2$ ) variou de 280 ppm, no período pré-industrial, para as atuais 390 ppm.

Singh e Lal (2005) salientaram que existem duas opções para reduzir a concentração de GEE troposférico: reduzir as emissões ou aumentar o sequestro de carbono. De acordo com IPCC (2007, p. 2), o sequestro de carbono pelos solos é o mecanismo responsável pelo maior potencial de mitigação de gases de efeito estufa (GEE), com uma estimativa de contribuição de 89%. A apreciação desse dado demonstra a importância que os solos assumem na conjuntura atual (2010), uma fase em que a preocupação com o futuro da humanidade atinge as mais diversas esferas (econômicas, sociais, ambientais, políticas, etc.), para as quais a mitigação das possíveis mudanças climáticas globais deixou de ser tarefa apenas dos países desenvolvidos.

De acordo com Lal (2006), o sequestro de carbono pelos solos pode ser avaliado como:

The process of transferring atmospheric  $CO_2$  into a pedologic/soil C pool is called soil C sequestration. Soil C sequestration is a natural process and involves transfer of atmospheric  $CO_2$  into biomass C via photosynthesis. Transfer of biomass C into SOC occurs through humification of the biomass returned to the soil (LAL, 2006, p. 50).

Nesse sentido, é consenso que existem cinco grandes reservatórios de carbono (MACHADO, 2005; LAL 2006; IPCC, 2007, p. 2):

- Oceanos, estimados em 38.000 Pg<sup>1</sup>;
- Reserva geológica, estimada em cerca de 5.000 Pg, sendo composta de 4.000 Pg de carvão e 500 Pg para óleo e gás;
- Reserva pedológica ou de C do solo, composta por 1.550 Pg de carbono orgânico no solo (SOC)<sup>2</sup> e 950 Pg de carbono inorgânico no solo (SIC)<sup>3</sup>;
- Atmosfera, estimada em 750 Pg com aumento anual em torno de 3,3 Pg por ano;
- Reserva biótica, com 620 Pg, incluindo 60 Pg por detritos materiais.

O estoque de C no solo, na camada até 30 cm, é de cerca de 800 Pg C, ou seja, quase a mesma quantidade armazenada na atmosfera (CERRI et al., 2006). Entretanto, é pertinente salientar que os solos são ecossistemas frágeis. O uso impróprio da terra pode aumentar a taxa de mineralização do SOC e transferi-lo para atmosfera como CO<sub>2</sub>.

Em geral, a conversão de ecossistemas naturais em ecossistemas agrícolas leva à diminuição do estoque de C. Esta diminuição é causada pelo uso inadequado de práticas de manejo agrícolas, como aração, retorno do resíduo mínimo e aceleração da erosão (CERRI et al., 2006), esses são fatores que acarretam o decréscimo na quantidade de biomassa que retorna para o solo, o aumento na taxa de mineralização devido à mudança na umidade e temperatura do solo, e a diminuição na quantidade de raízes ou biomassa subterrânea que retorna ao solo (FOLLETT, 2001; LAL, 2006;).

Os solos orgânicos, quando convertidos para agricultura, são normalmente acompanhados por “drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo e consequente emissão de CO<sub>2</sub>” (MCT, s. d., p. 84). Há um rápido declínio da matéria orgânica dos solos (MOS) quando a vegetação natural é convertida em áreas de cultivo (POST; KWON, 2000).

Quanto ao balanço de carbono nos solos, foram estudados diversos sistemas de manejo no Cerrado, concluindo que “o plantio direto, a pastagem cultivada não degradada e áreas reflorestadas com *Pinus* e *Eucaliptus* são sistemas conservadores de carbono no solo, se forem respeitadas algumas condições de implantação desses agroecossistemas” (EMBRAPA, 2005).

Singh e Lal (2005) relataram que o solo pode se transformar em fonte ou dreno de C atmosférico, a partir de

---

<sup>1</sup> 1Pg = petagrama = 10<sup>15</sup> g = 1 bilhão de toneladas (Mg);

<sup>2</sup> SOC sigla de Soil Organic Carbon, ou COS de Carbono Orgânico do Solo;

<sup>3</sup> SIC sigla de Soil Inorganic Carbon, ou CIS de Carbono Inorgânico do Solo;

Practices that lead to transfer of C from soil to the atmosphere include deforestation, burning, plowing, and continuous cropping. In contrast, practices that make agricultural soil a sink are conservation tillage, judicious use of fertilizers, crop rotations, cover crops, and fallowing; improved pasture and growing deep rooted crops (LAL e KIMBLE, 1997 apud SINGH e LAL, 2005, p. 162).

Trumbore e Torn (2003) mostraram que o mais importante mecanismo de perda do C adicionado ao solo se dá mediante a decomposição. Os resíduos da matéria orgânica são afetados pelo clima, pela qualidade do substrato original da planta e pelo ambiente físico do solo (por meio de fatores como a temperatura, a mistura e a disponibilidade de O<sub>2</sub>, a estrutura e a mineralogia do solo).

A MOS é uma mistura heterogênea de elementos que se decompõe em diferentes escalas de tempo, algumas de horas a anos e outras de milênios (TRUMBORE e TORN, 2003). A quantidade e dinâmica do C do solo diferem com o tipo de solo, particularmente mineralogia, clima e manejo (CRASWELL e LEFROY, 2001).

O carbono orgânico total (COT) ou a matéria orgânica do solo encontram-se entre um conjunto de variáveis químicas, físicas e biológicas, que, acompanhadas ao longo do tempo, são capazes de detectar as alterações da qualidade do solo em função do manejo (MIELNICZUCK, 2008). Além da MOS ser um importante reservatório de carbono, possui uma rápida troca com o CO<sub>2</sub> atmosférico.

O sistema de plantio direto tem merecido relevante destaque entre os sistemas de manejo de solo, já que este não é revolvido, evitando a perda da MOS. Este sistema preconiza que se mantenha o solo coberto por resíduos vegetais, para que seja protegido do impacto de gotas de chuva, e se reduza o escoamento superficial e conseqüentemente o processo de erosão das vertentes.

Com relação às áreas manejadas sobre plantio convencional, Dieckow et al. (2004) apontaram que as perdas de solo e, conseqüentemente de C, são maiores em áreas manejadas sob preparo convencional comparadas às de áreas sob preparo conduzido ou plantio direto, isso em conseqüência das operações de aração e gradagem que eliminam quase que totalmente a cobertura do solo, além de destruir uma significativa proporção de macroagregados estáveis e com isso aumentar a erodibilidade do mesmo.

O plantio convencional promove o revolvimento do solo, quebrando os agregados e expondo as superfícies organominerais, de outra maneira, inacessível aos decompositores. Perdas de até 50% na superfície do solo (20 cm) têm sido observadas depois de 30 – 50 anos, e reduções aproximadas de 30% da quantidade original do solo até 100 cm (POST e KWON, 2000).

O manejo de pastagens tem sido citado como a segunda mais importante tecnologia agrícola disponível para a mitigação das mudanças climáticas globais (FAO, 2009). De acordo com FAO (2009), as pastagens cobrem, aproximadamente 30% da superfície da Terra e ocupam cerca de 3,4 bilhões de hectares, dos quais 73% são afetados pela degradação dos solos, além do fato de que cerca de 1 bilhão de pessoas dependem dessas áreas para subsistência.

As perdas de carbono em pastagens podem ser mínimas ou até ter ganhos em comparação com a vegetação natural (CORRAZZA, et. al., 1999). O manejo de pastagens tem sido citado como a segunda mais importante tecnologia agrícola disponível para a mitigação das mudanças climáticas globais (FAO, 2009).

FAO (2009) apontou, ainda, que algumas melhorias no manejo das pastagens incluem restauração da MOS, redução da erosão e decréscimo nas perdas resultantes pelas queimadas e sobrepastejo, dentre outros fatores, que incluem

The capacity to sequester carbon depends on the climatic zone, the past history and status of the land resources such as soil and vegetation, and the opportunities available to change management practices (management techniques, competition with other land uses, economic tradeoffs, land tenure, social organization, incentives and political will) (FAO, 2009, p. 3).

A quantidade de carbono estocado nas pastagens é de, pelo menos, 10% do carbono global (ESWARAN et al. 1993 apud SCURLOCK; HALL, 1998), embora algumas fontes estimaram cerca de 30% (ANDERSON, 1991 apud SCURLOCK; HALL, 1998; FAO, 2009).

A pastagem de *Brachiaria* acumula 0,92 tonelada por ha/ano de carbono. O estabelecimento de pastagens cultivadas, a adoção de sistemas de integração lavoura – pecuária e de áreas reflorestadas podem também resultar no aumento da taxa de sequestro de carbono pelo solo. Entretanto, a correção parcial ou não-correção da fertilidade do solo, a falta de adubação de manutenção e o excesso de lotação com sistemas inadequados de pastejo têm sido um procedimento padrão no Cerrado, levando a um estágio de degradação das pastagens cultivadas, o que pode comprometer a capacidade das pastagens de seqüestrar carbono (EMBRAPA, 2005).

Com relação ao estoque de C em áreas de Cerrado (exceto o Cerradão), onde se encontram as maiores áreas de pastagens de *Brachiaria* do país, Boddey et al. (2001) explicaram que,

Como o estoque de C na parte aérea da vegetação dos campos sujos e campos limpos dos cerrados é muito menor do que nas florestas, ou seja, geralmente não ultrapassam 15 t C ha<sup>-1</sup>, as

pastagens produtivas podem aumentar os estoques do carbono no sistema solo/planta além dos níveis da vegetação nativa. (BODDEY et al. 2001, p. 225).

O principal objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica espaço-temporal do estoque de carbono dos diferentes usos da terra e cobertura vegetal natural presentes na bacia do Rio Araguari, Minas Gerais, Brasil, a partir da determinação do carbono orgânico total do solo (COT), técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessoamento para os anos de 1973 e 2009.

A área selecionada para a pesquisa foi a bacia do Rio Araguari-MG por apresentar vastas áreas ocupadas com agricultura e pastagens, a economia da maioria de seus municípios se baseia na agropecuária, ou seja, na criação de gado e produção de grãos. Contudo, a localização geográfica favoreceu a inserção de alguns municípios na economia nacional, tornando a região um entreposto comercial na distribuição de produtos agropecuários e industrializados. Fazem parte da bacia, os seguintes municípios: Araguari, Araxá, Campos Altos, Ibiá, Indianópolis, Iraí de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Rio Paranaíba, Sacramento, Santa Juliana, São Roque de Minas, Serra do Salitre, Tapira, Tupaciguara, Uberaba e Uberlândia (Figura 1).

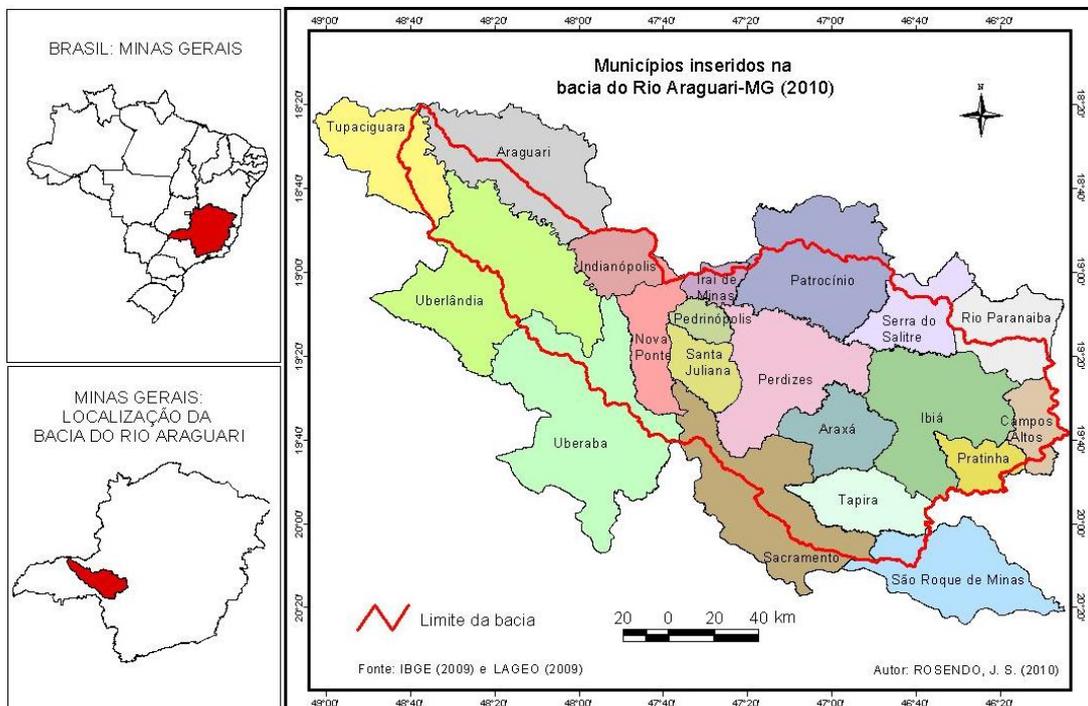


Figura 1: Localização da área de estudo: a) no Brasil, b) em Minas gerais; c) Limite da bacia do Rio Araguari nos municípios nela contidos

A maior parte da área da bacia (76%) esta situada entre as cotas altimétricas de 850 a 1150 metros. Mais de 90% da área possui declividade do terreno menor do que 20 %. Em 49% da área predominam os solos do tipo latossolo vermelho-amarelo. O clima da bacia é caracterizado por uma estação seca de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril, com precipitação anual em torno de 1500 mm e temperatura média anual de 21,9 °C.

Está situada entre as coordenadas geográficas de 18° 20' e 20° 10' de latitude sul e 46° 00' e 48° 50' de longitude oeste de Greenwich, ocupando uma área de 20.186 km<sup>2</sup>. Localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na porção oeste do estado de Minas Gerais.

## **2. METODOLOGIA DE TRABALHO**

### **2.1 Seleção das imagens de satélite**

Para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural da Bacia do Rio Araguari-MG, o primeiro passo foi a aquisição das imagens do satélite Landsat (Quadro 1) no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

Quadro 1: Imagens do satélite Landsat utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG

<b>Sensor/Satélite</b>	<b>Órbita/Ponto</b>	<b>Datas de passagem</b>	<b>Resolução espacial (m)</b>
MSS/Landsat 2	237/73	14/07/1973	80
	236/73	13/09/1975*	
	236/74	31/07/1973	
	235/73	30/07/1973	
	235/74	30/07/1973	
TM/Landsat 5	221/73	18/07/2009	30
	220/73	27/07/2009	
	220/74	27/07/2009	
	219/73	20/07/2009	
	219/74	20/06/2009	

\* A imagem do ano 1973 correspondente à órbita/ponto 236/73 apresentou falha de sobreposição com a imagem adjacente. Por esse motivo, foi utilizada a imagem do ano de 1975.

Em seguida, foram realizadas as composições coloridas 3B4R5G para o TM/Landsat5 e 4B5G7R para o MSS/Landsat 2. Vale ressaltar que as bandas e composições coloridas utilizadas não foram as mesmas, pois os sensores MSS e TM não possuem os mesmos intervalos de comprimentos de onda ( $\mu\text{m}$ ), além da

numeração de bandas ser diferente. No entanto, procurou-se utilizar, em ambas as composições coloridas, as faixas espectrais que possuem boa resposta ao mapeamento da vegetação (como exemplo as faixas do vermelho e infra-vermelho). De acordo com Rosa (2007), tais bandas possuem as seguintes características para o TM/Landsat 5:

- Banda 3 (0,63 a 0,69  $\mu m$ ; faixa espectral do vermelho): apresenta bom contraste entre as áreas ocupadas (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas); boa diferenciação entre os tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta); e permite identificar as áreas agrícolas;
- Banda 4 (0,76 a 0,90  $\mu m$ ; infravermelho próximo): levantamento de biomassa, apresenta bom mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água; boa sensibilidade à rugosidade da copa das florestas e à morfologia do terreno; permite mapeamento de áreas queimadas;
- Banda 5 (1,55 a 1,75  $\mu m$ ; infravermelho médio): apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.

As características das bandas do sensor MSS/Landsat 2 também foram apresentadas por Rosa (2007), a saber:

- Banda 4 (0,5 a 0,6  $\mu m$ ; verde): possui aplicação para uso do solo e mapeamento da vegetação;
- Banda 5 (0,6 a 0,7  $\mu m$ ; vermelho): diferenciação de espécies vegetais;
- Banda 7 (0,8 a 1,1  $\mu m$ ; infravermelho próximo): boa para mapeamento da vegetação, delineamento de corpos d' água e sensível à morfologia do terreno.

A definição das datas das imagens refletiu o período de seca no Cerrado (maio a setembro) por ser a época do ano em que não há interferência de nuvens, garantindo 0 % de cobertura de nuvens nas imagens utilizadas. Segundo dados do 5º Distrito de Meteorologia – Estação Uberlândia, no período de 1981 a 2011, 92 % da precipitação anual ocorreram no período de outubro a abril.

As imagens foram georreferenciadas, mosaicadas (por meio de equalização de histogramas) e recortadas no *software* ENVI 4.0 para posterior interpretação visual.

A legenda do mapeamento foi composta por dois grupos principais, o de cobertura vegetal natural e o de uso antrópico (Quadro 2). É importante destacar que o conceito que este estudo adotou para o termo cobertura vegetal natural são aquelas áreas que apresentam cobertura vegetal original, independentemente da existência ou não de algum tipo de uso antrópico (SANO et al., 2009).

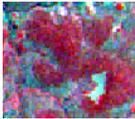
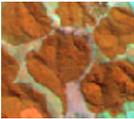
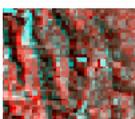
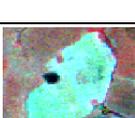
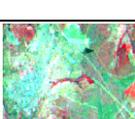
Quadro 2: Legenda do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal natural utilizada nos anos de 1973 e 2009.

Grupos	Legenda (Categorias mapeadas)	
	1973	2009
Vegetação Natural	Cerradão/Mata Cerrado Campo Sujo Campo Limpo	Cerradão/Mata Cerrado Campo Sujo Campo Limpo
Uso Antrópico	Reflorestamento Pastagem Cultura Anual - - - Influência Urbana Água	Reflorestamento Pastagem Cultura Anual Cana-de-açúcar Cultura Anual Irrigada Cultura Perene (Café) Influência Mineral Influência Urbana Água

As classes de mapeamento definidas refletem os principais tipos de uso presentes na área de pesquisa, além de levar em consideração a possibilidade de mapeamento em função da escala. Trabalhos semelhantes usando esta legenda foram executadas no “Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado (Ano-Base 2002)”, executado pelo Ministério do Meio Ambiente (SANO et al., 2002). A legenda da cobertura vegetal natural teve que ser agrupada em função da dificuldade de separação de algumas fitofisionomias, por ocuparem pequenas dimensões na bacia, o que dificulta sua identificação. Foi o que aconteceu com o Cerradão e a Mata e com o Campo Sujo e Campo Cerrado.

Foi elaborada uma chave de interpretação (Quadro 3) das composições coloridas nos diferentes períodos, com intuito de orientar a análise/interpretação das imagens.

Quadro 3: Exemplo de chave de interpretação utilizada para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari-MG

Classe	1973		2009	
	Padrões característicos de Interpretação	Composição colorida 4B5G7R	Padrões característicos de Interpretação	Composição colorida 3B4R5G
Cerradão/ Mata	Cor: vermelho; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular		Cor: vermelho brilhante; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular	
Cerrado	Cor: vermelho escuro; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular		Cor: vermelho médio; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular	
Campo Sujo/ Campo Cerrado	Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: irregular		Cor: verde azulado; Textura: intermediária ; Forma: irregular	
Campo Limpo	Cor: cinza claro; Textura: intermediária; Forma: irregular		Cor: verde claro; Textura: intermediária; Forma: irregular	
Refloresta- mento	Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: geométrica		Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: geométrica	
Pastagens	Cor: verde claro; Textura: lisa a intermediária; Forma: irregular a geométrica		Cor: azul acinzentado; Textura: Lisa a intermediária; Forma: irregular a geométrica	
Cultura Anual Irrigada	-	-	Cor: vermelho brilhante; Textura: lisa ; Forma: geométrica	
Café	-	-	Cor: vermelho alaranjado; Textura: intermediária; Forma: geométrica	
Cultura Anual	Cor: azul claro; Textura: lisa; Forma: geométrica		Cor: azul claro e azul esverdeado; Textura:lisa; Forma: geométrica	
Cana-de-açúcar	-	-	Cor: vermelho claro; Textura: lisa; Forma: geométrica	
Área Urbana	Cor: verde claro; Textura: intermediária a rugosa; Forma: geométrica		Cor: azul médio; Textura: intermediária a rugosa; Forma: geométrica	
Influência Mineral	-	-	Cor: azul claro; Textura: intermediária; Forma: irregular	
Corpos d'Água	Cor: azul claro; Textura: lisa; Forma: irregular		Cor: preto; Textura: lisa; Forma: irregular	

O mapeamento foi realizado a partir da interpretação visual em tela do computador utilizando uma escala de aproximadamente 1:100.000 em que foi possível mapear polígonos com dimensões superiores a 25 hectares. As imagens do ano de 1973 foram interpretadas tomando-se como base os padrões característicos de cada alvo, conforme descritos no Quadro 3. No entanto, nos casos em que ocorreram dúvidas recorreu-se a interpretação de séries temporais posteriores a 1973, fotografias aéreas de 1979 (IBC/GERCA) e conversas com moradores antigos durante os trabalhos de campo.

No *software* ArcView 3.2, cada polígono mapeado foi associado a uma determinada classe de uso. O mapeamento das áreas de cana-de-açúcar foi realizado a partir dos dados do mapeamento via imagens de satélite de observação da terra (CANASAT, 2010) disponibilizados por Rudorff, et al. (2010).

## **2.2 Seleção e amostragem do solo**

Para a quantificação do estoque de carbono, há necessidade de se estabelecer a profundidade do solo a que se refere o estoque. Para a presente pesquisa, as amostras de solo foram obtidas na profundidade de 0-20 cm por dois motivos: o primeiro deles é que grande quantidade de carbono é armazenado nessas camadas e o segundo está relacionado ao fato de que as atividades agrícolas têm forte influência nessa profundidade.

Depois de definidas as áreas, a segunda etapa da metodologia consistiu na realização de trabalhos de campo para coleta das amostras de solo, com auxílio de imagem de satélite TM/Landsat 5, mapa de solos e receptor GPS foram percorridas as áreas (previamente selecionadas) entre 17 e 21 de junho de 2009.

Para cada categoria de análise definida, foram obtidas amostras de solo, com trado tipo holandês, em que foram coletadas cinco amostras simples de maneira aleatória em cada categoria de uso/cobertura vegetal as quais foram combinadas para formar uma amostra composta na camada de solo amostrada.

Cada amostra composta foi obtida da seguinte maneira: selecionaram-se cinco áreas diferentes com vegetação de Cerrado, cada uma denominada como CER1, CER2, CER3, CER4 e CER5 (representando o mesmo tipo de cobertura, ou seja, Cerrado, em locais diferentes da bacia). Em cada uma dessas amostras (ex. CER1) foram realizadas 5 coletas de solo, na mesma área, e misturadas para formar uma amostra composta que representasse, por exemplo, o CER1 na profundidade de 0 a 20 cm. O processo análogo de coleta foi realizado nos diferentes tipos de uso representados por CER = Cerrado (Cerradão e Campo Cerrado); PDI = Plantio Direto

(soja e milho); CAI = Cultura Anual Irrigada (feijão, milho e soja); PME = Pastagem Melhorada; PDE = Pastagem Degradada; CAN = Cana-de-açúcar; REF = Reflorestamento (*Pinus* e *Eucalyptus*) e CAF = Café. Como foram definidos 8 tipos de usos, em cada uso obteve-se 5 amostras compostas, totalizaram-se 40 amostras compostas de solo (vide Tabela 2). De modo a normalizar o efeito dos tipos de solo sobre o estoque de carbono, todas as amostras foram coletadas em um mesmo tipo de solo (latossolo).

Todo o solo coletado na amostra composta foi embalado e identificado para a determinação do Carbono Orgânico Total (COT), densidade aparente e granulometria. A densidade do solo foi obtida por meio do peso seco (g) de amostras retiradas de 0 a 20 cm, com o auxílio de anel volumétrico de metal de volume previamente conhecido (81,54 cm<sup>3</sup>).

O COT do solo foi determinado pela oxidação da matéria orgânica com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido, e o excesso de dicromato foi titulado com (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (YEOMANS e BREMNER, 1988). O cálculo do estoque de carbono (Mg C ha<sup>-1</sup>), para uma determinada profundidade, foi realizado segundo

$$(1) \quad EstC = \frac{COT * D * e}{10}$$

onde, EstC é o estoque de carbono orgânico na camada estudada (Mg ha<sup>-1</sup>); COT é carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>); D é a densidade aparente do solo da camada estudada (g cm<sup>-3</sup>); e é a espessura da camada estudada (cm).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal em 1973 e 2009**

As imagens utilizadas para o mapeamento do uso da terra apresentaram grau de dificuldade diferenciadas (Figuras 2 e 3). Na interpretação das imagens que compreenderam o ano de 1973, a resolução espacial de 80 m, a resolução radiométrica de 6 bits e a baixa resolução espectral do sensor MSS dificultaram o mapeamento da vegetação natural com pequenas dimensões, inclusive àquelas que se localizavam em áreas de relevo acidentado (como exemplo, as áreas na porção sudeste da bacia do Araguari). Com relação às imagens de 2009, a dificuldade de interpretação esteve associada à elevada fragmentação de usos, em virtude da grande

variedade de culturas agrícolas, e da conseqüente diversidade de cores, texturas, tamanhos e formas dos alvos.

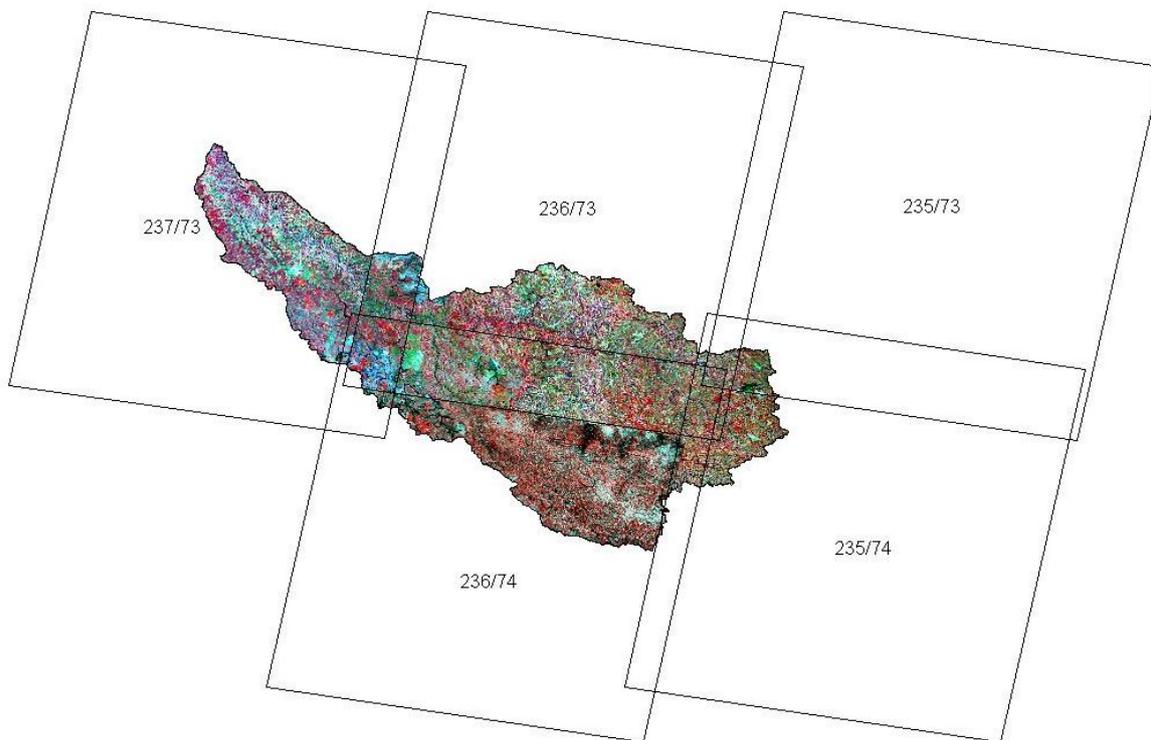


Figura 2: Imagens MSS/Landsat2 utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG (1973).

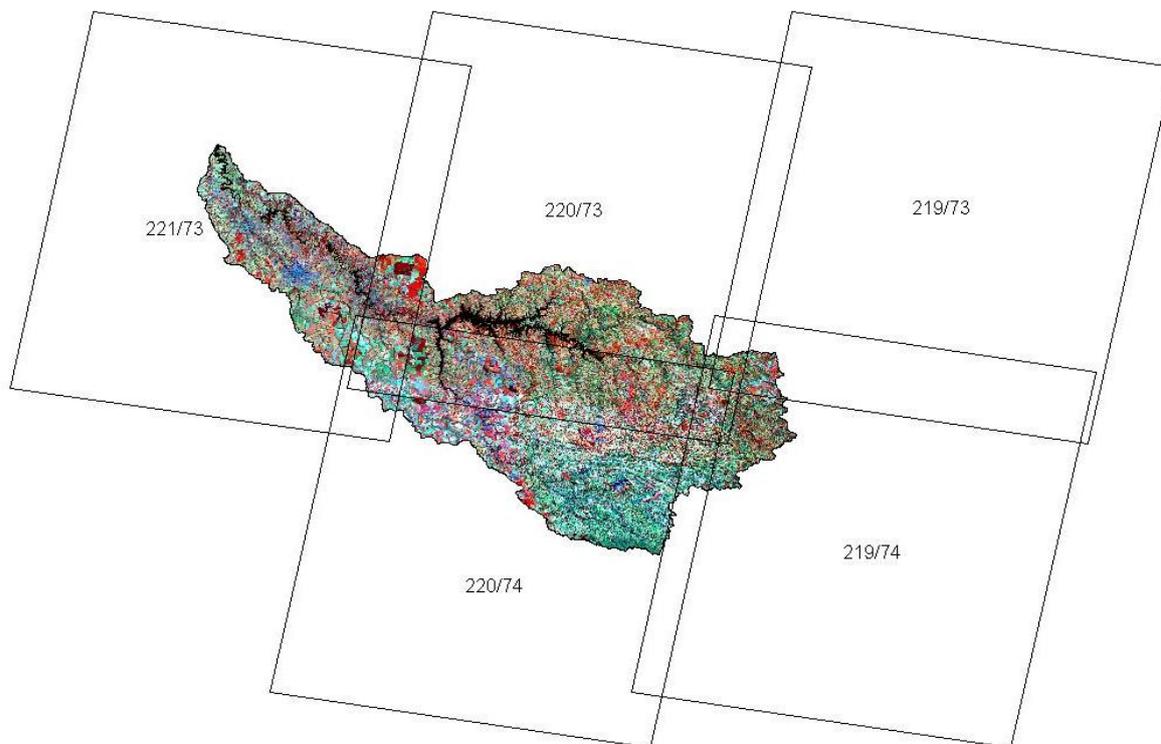


Figura 3: Imagens TM/Landsat5 utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG (2009).

A partir da análise dos mapas elaborados (Figuras 4 e 5) e da quantificação das diferentes categorias mapeadas, foi possível observar que, em 1973, cerca de 85% da área era coberta por vegetação natural, enquanto apenas 14,67% estava ocupada pela agricultura e pecuária. Já em 2009, observou-se o oposto, em que 60,41% da área destinava-se à agricultura e pecuária, enquanto 39,59% da área encontrava-se coberta com vegetação natural. Os dados apresentados na Tabela 1 e representados no Gráfico 1 permitem visualizar a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal natural ao longo do período analisado.

Tabela1: Área ocupada (ha e %) por cada classe de uso da terra e cobertura vegetal natural - Bacia do Rio Araguari-MG nos anos de 1973 e 2009

Grupos	Classes	1973			2009		
		Área (ha)	%	% grupo	Área (ha)	%	% grupo
Vegetação Natural	Cerradão/Mata	340.896	16,89	85,33	256.437	12,70	39,59
	Cerrado	146.608	7,26		33.790	1,67	
	Campo Sujo	1.061.704	52,60		393.718	19,50	
	Campo Limpo	173.392	8,59		115.351	5,71	
Uso Antrópico	Reflorestamento	18.247	0,90		71.107	3,52	
	Pastagem	212.951	10,55		600.056	29,73	
	Cultura Anual	48.196	2,39		391.658	19,40	
	Cana-de-açúcar		-		50.131	2,48	
	Cultura Anual Irrigada		-	14,67	33.526	1,66	60,41
	Cultura Perene (Café)		-		3.542	0,18	
	Influência Mineral		-		1.213	0,06	
	Influência Urbana	10.598	0,53		20.668	1,02	
	Água	6.008	0,30		47.403	2,35	
	<b>Total</b>		<b>2.018.600</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>2.018.600</b>	<b>100,00</b>

\* A cultura anual em 1973 realizava-se por meio de plantio convencional, já nesta classe em 2009, ocorre o predomínio do plantio direto.

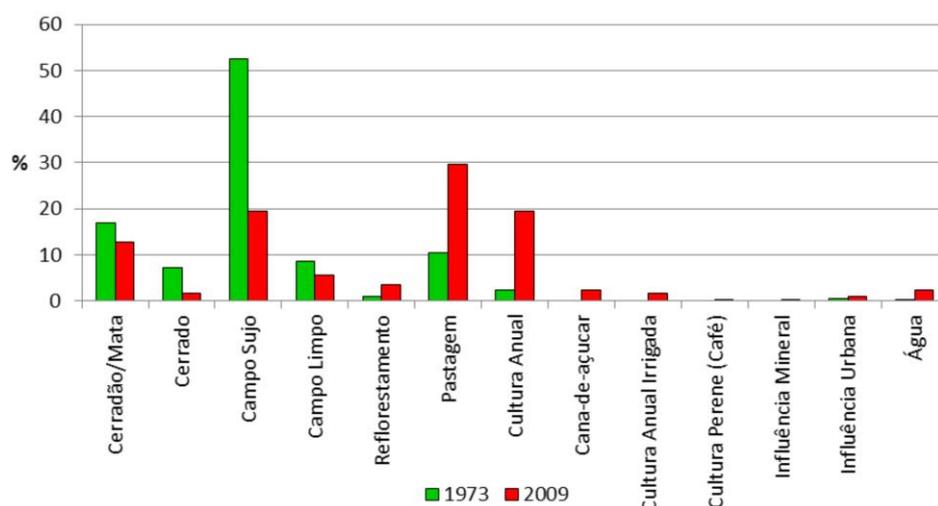


Gráfico 1: Área ocupada (%) por cada uso da terra presente na bacia do Rio Araguari-MG nos anos de 1973 e 2009.

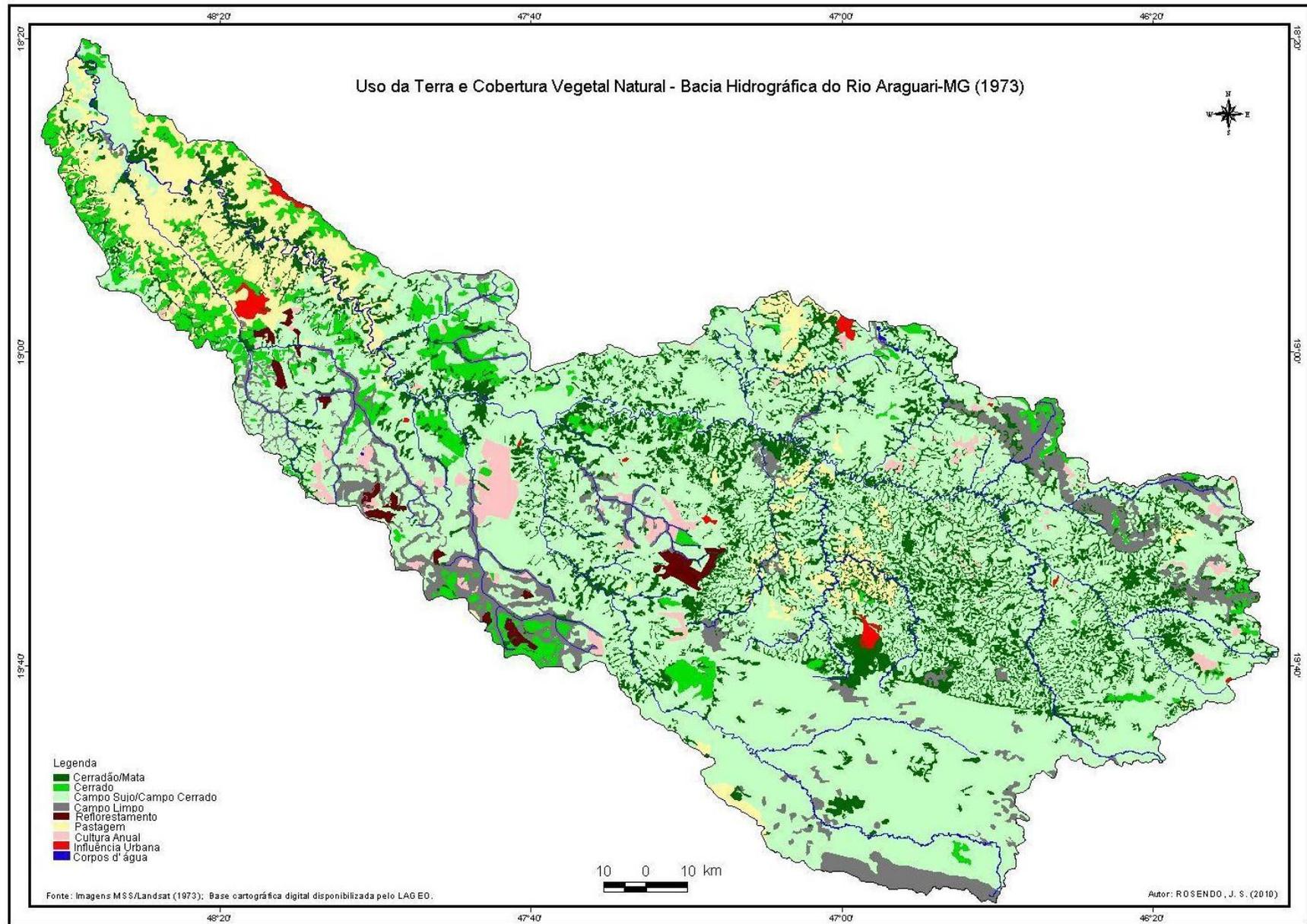


Figura 4: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Rio Araguari-MG em 1973.

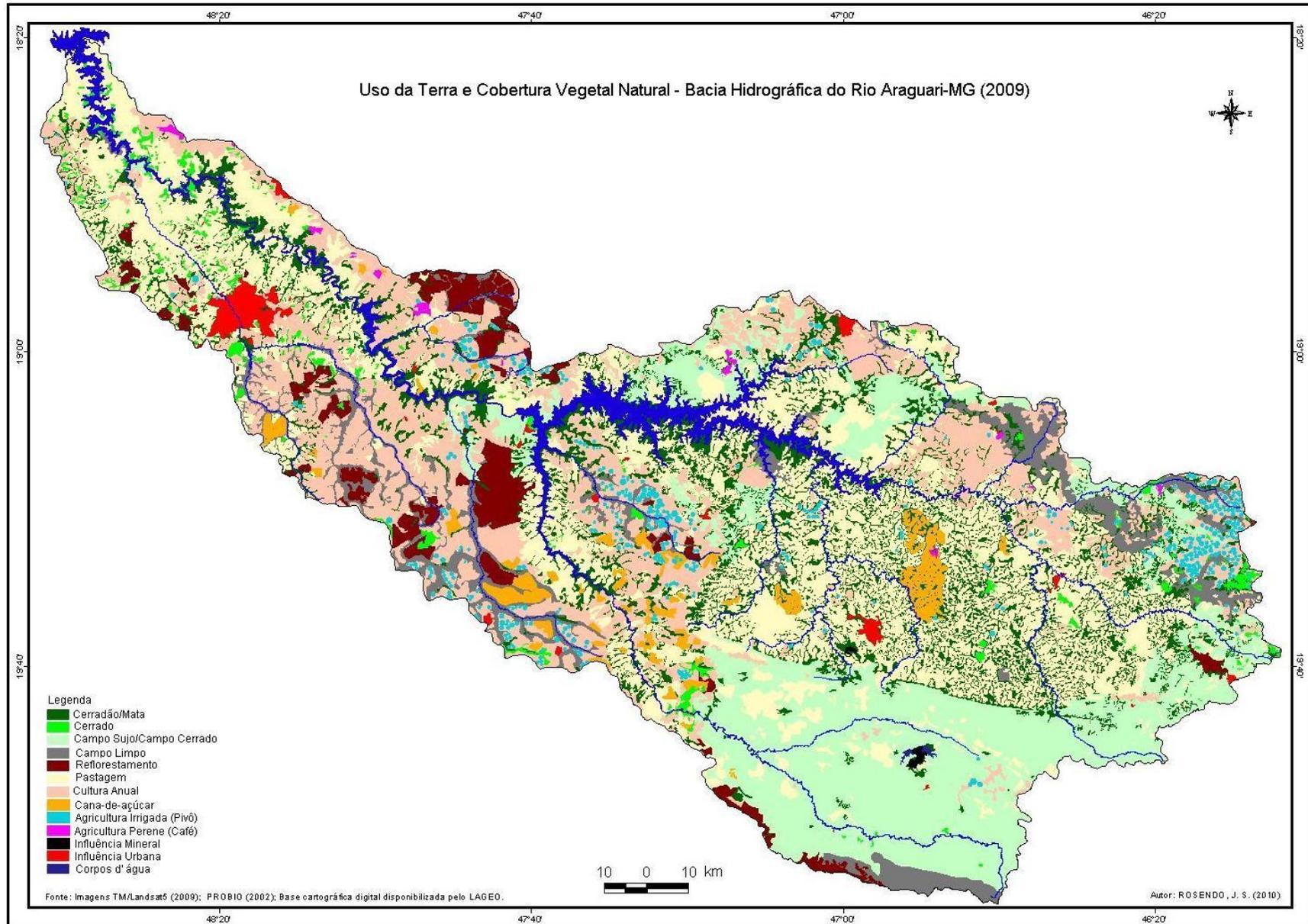


Figura 5: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Rio Araguari-MG em 2009.

Os dados mais expressivos da modificação do uso da terra desde 1973 até 2009 fazem referência à substituição da vegetação natural de Cerrado e de Campo Sujo. Observou-se que quase 77% da área total ocupada pelo Cerrado foi desmatada, fato notado pela análise das cifras que demonstraram que do total de 7,26% da área ocupada por Cerrado em 1973, restou apenas 1,67% em 2009. Com relação ao Campo Sujo, observou-se o desmatamento de mais da metade da área ocupada por este tipo de fitofisionomia da área total presente na bacia, em 1973, permanecendo pouco mais de 19%, em 2009, ou seja, quase 63% da área total de Campo Sujo foi desmatada para dar lugar às áreas agrícolas e pastagens. Estas áreas sofreram uma maior pressão por parte da agricultura e pecuária em virtude da aptidão agrícola (embora possuam solos ácidos com elevado teor de alumínio, são facilmente corrigíveis), principalmente por estarem localizadas sobre terrenos planos (especialmente de chapadas) o que facilita a mecanização.

O que explicaria a preservação da Mata/Cerradão e do Campo Limpo são as áreas de relevo acidentado que estas ocupam. No caso da Mata/Cerradão o fundo dos vales/encostas, e o Campo Limpo as elevadas altitudes além do relevo bastante acidentado (localizam-se principalmente na porção Sudeste da Bacia, Serra da Canastra e arredores).

Da área total da bacia (em 2009), mais de 60% eram ocupadas pelo uso antrópico. Destes, 29,73% destinavam-se à pecuária, configurando-se na atividade econômica predominante na área. No entanto, as culturas anuais (plantio direto), também representaram uma parcela significativa da atividade econômica dos municípios presentes na bacia, com um total de 19,40%, ao passo que as culturas anuais irrigadas correspondem a 1,66 %. É importante destacar que foram identificadas apenas as culturas anuais irrigadas por pivô-central (em virtude da facilidade de identificação/separação pelo seu formato circular). Dessa forma, tal estimativa pode estar subestimada, pois não se consideraram as áreas irrigadas por outros métodos de irrigação.

As áreas de reflorestamento de *Pinus* e *Eucaliptus*, juntas, ocupam 3,52% da área. Já as áreas de cultura perene, mais especificamente, o café, apenas 0,18 % o que corresponde a 3.542 ha de área ocupada. No caso do café, a pequena extensão das lavouras é um complicador para o mapeamento em virtude da resolução espacial de 30 m do sensor TM/Landsat 5, o que dificulta a sua identificação, ou, em alguns casos confusão com outros usos. Esse pode ter sido o fator determinante para a pouca área de café identificada, já que de acordo com dados do IBGE (2008), cerca

de 18.000 ha são cultivados com café nos seguintes municípios inseridos na bacia: Araguari (11.000 ha), Araxá (2.550 ha), Indianópolis (3.050 ha), Iraí de Minas (800 ha), Nova Ponte (260 ha), Pedrinópolis (305 ha) e Santa Juliana (35 ha).

A delimitação dos polígonos referente às áreas de cana-de-açúcar foi realizada a partir de dados do CANASAT, disponibilizados por Rudorff et al. (2010). Assim, após a sobreposição do *layer* do limite da bacia sobre os municípios inseridos nesta, excluiu-se o que não era de interesse, realizando-se a contagem da área. Dessa forma, estimou-se que em 2,48 % da área total da bacia é cultivada a cana-de-açúcar em 2009.

### 3.2 Estoque e emissões de C em 1973 e 2009

Os resultados das análises para os teores de densidade e carbono, realizadas em cada categoria de análise, podem ser observados na Tabela 2. Em função da diferença significativa do estoque de C apresentado por cada amostra de uso (ex CER1 e CER2), optou-se por trabalhar com os dados médios do estoque de C de cada uso (Tabela 3) para contabilização do estoque de C da bacia.

Tabela 2: Estoques de C e densidade dos diferentes usos da terra avaliados na profundidade 0 a 20 cm.

Usos/Amostras	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Carbono (Mg C ha <sup>-1</sup> )	Usos/Amostras	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Carbono (Mg C ha <sup>-1</sup> )
Cerrado/CER1	1,01	44,82	Café/CAF1	1,17	47,29
Cerrado/CER2	1,27	31,45	Café/CAF2	1,23	39,49
Cerrado/CER3	1,30	34,17	Café/CAF3	1,10	50,00
Cerrado/CER4	1,24	42,38	Café/CAF4	1,67	43,66
Cerrado/CER5	1,11	37,41	Café/CAF5	1,16	41,01
Média	1,19	38,05	Média	1,27	44,29
Des_Pad	0,11	4,97	Des_Pad	0,21	3,90
Reflorestamento/REF1	1,20	33,39	Cana-de-açúcar/CAN1	1,26	52,54
Reflorestamento/REF2	0,99	44,97	Cana-de-açúcar/CAN2	1,43	45,94
Reflorestamento/REF3	0,94	33,72	Cana-de-açúcar/CAN3	1,31	50,19
Reflorestamento/REF4	0,83	39,65	Cana-de-açúcar/CAN4	1,70	43,93
Reflorestamento/REF5	1,09	42,19	Cana-de-açúcar/CAN5	0,96	51,07
Média	1,01	38,78	Média	1,33	48,73
Des_Pad	0,13	4,59	Des_Pad	0,24	3,25
Cultura Anual Irrigada/CAI1	1,10	47,01	Pastagem Melhorada/PME1	1,23	42,48
Cultura Anual Irrigada/CAI2	1,11	56,87	Pastagem Melhorada/PME2	1,51	41,07
Cultura Anual Irrigada/CAI3	1,16	52,40	Pastagem Melhorada/PME3	1,02	49,33
Cultura Anual Irrigada/CAI4	1,07	45,46	Pastagem Melhorada/PME4	1,33	44,89
Cultura Anual Irrigada/CAI5	1,07	46,48	Pastagem Melhorada/PME5	1,54	41,83

Média	1,10	49,64	Média	1,33	43,92
Des_Pad	0,03	4,34	Des_Pad	0,19	2,99
Plantio Direto/PDI1	1,15	47,3	Pastagem Degradada/PDE1	1,13	36,21
Plantio Direto/PDI2	1,17	42,2	Pastagem Degradada/PDE2	1,28	39,47
Plantio Direto/PDI3	1,13	44,62	Pastagem Degradada/PDE3	1,30	37,26
Plantio Direto/PDI4	1,30	56,29	Pastagem Degradada/PDE5	1,18	37,31
Plantio Direto/PDI5	1,11	51,99	Pastagem Degradada/PDE6	1,46	22,89
Média	1,17	48,48	Média	1,27	34,63
Des_Pad	0,07	5,08	Des_Pad	0,11	5,96

O mapeamento do uso e cobertura da terra permitiu a contabilização do impacto no estoque de C, em 1973 e 2009, a partir da multiplicação da área de cada uso mapeada (Tabela 1) pelo seu estoque médio de C correspondente (Tabela 3).

Tabela 3: Estoque de C analisado na bacia do Rio Araguari para as áreas de CER (cerrado), REF (reflorestamento), CAI (cultura anual irrigada), PDI (plantio direto), CAF (café), CAN (cana-de-açúcar), PME (pastagem melhorada) e PDE (pastagem degradada) na profundidade de 0-20 cm.

Usos	Estoque C (Mg ha <sup>-1</sup> )
	(0-20 cm)
Cerrado	38,05
Reflorestamento	39,90
Cultura Anual Irrigada	49,64
Plantio Direto	48,48
Café	44,29
Cana-de-açúcar	48,73
Pastagem Melhorada	43,92
Pastagem Degradada	34,63

Com relação aos resultados da determinação do estoque de C nos solos da bacia do Rio Araguari verificou-se que, com exceção da pastagem degradada, todos os usos da terra apresentaram valores médios de estoque de C superiores ao cerrado na profundidade 0-20 cm. Os resultados da dinâmica espaço-temporal do estoque de C observados nos dois períodos de análise podem ser comparados na Tabela 4 e no Gráfico 2.

Tabela 4 : Estimativa do estoque de C na bacia do Rio Araguari-MG para os anos de 1973 e 2009.

Usos	Área (ha) 1973	COT (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estoque C 1973 (Tg)	Área (ha) 2009	COT (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estoque C 2009 (Tg)
Cerradão/Mata	340.896	43,60	14,86	256.437	43,60	11,18
Cerrado	146.608	38,05	5,58	33.790	38,05	1,28
Campo Sujo	1.061.704	32,81	34,83	393.718	32,81	12,92
Campo Limpo	173.392	32,81	5,69	115.351	32,81	3,78
Reflorestamento	18.247	38,78	0,71	71.107	38,78	2,76
Pastagem Melhorada	-	-	-	300.028	43,92	13,18
Pastagem Degradada	212.951	39,27	8,36	300.028	34,63	10,39
Cultura Anual	48.196	34,06	1,64	391.658	48,48	18,99
Cana-de-açúcar	-	-	-	50.131	48,73	2,44
Cultura Anual Irrigada	-	-	-	33.526	49,64	1,66
Cultura Perene (Café)	-	-	-	3.542	44,29	0,16
Influência Mineral	-	-	-	1.213	-	-
Influência Urbana	10.598	-	-	20.668	-	-
Água	6.008	-	-	47.403	-	-
<b>Total</b>	<b>2.018.600</b>		<b>71,68</b>	<b>2.018.600</b>		<b>78,74</b>

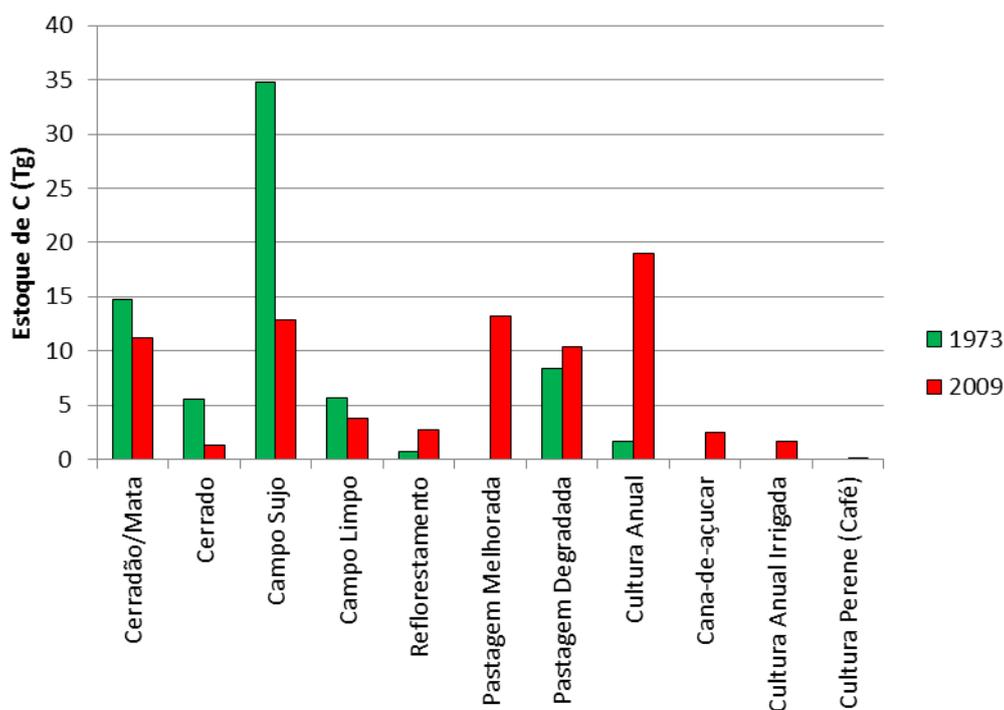


Gráfico 2: Estoque de C na bacia do Rio Araguari-MG (Tg) para 1973 e 2009.

No Gráfico 2 observa-se a modificação na representatividade das classes de uso nos períodos analisados. Em 1973, o carbono estocado no solo era oriundo da vegetação natural, sendo que 34,80 Tg C (quase 50% da estimativa total de C) dos mais de 71,0 Tg C, provenientes da vegetação de campo sujo (maior área em percentuais também). O Cerradão/Mata estocavam 14,86 Tg C enquanto que o Cerrado respondia por 5,58 Tg C e o Campo Limpo, por 5,69 Tg C. Observou-se também que, seguido das culturas anuais, as pastagens melhoradas se configuraram como a classe de uso que mais armazenou C no solo.

Vale ressaltar que, no presente estudo, foram contabilizados os estoques de C dos anos de 1973 e 2009 a partir de estimativas do estoque de C mensurado em 2009. Neste sentido, os dados avaliados para 1973 podem não representar exatamente a realidade da época quando se leva em consideração que o histórico de uso da bacia não foi avaliado desde o ano em questão até 2009. Com base nisso, as estimativas apresentadas não consideraram as possíveis perdas por erosão e a influência da conversão de usos ao longo do período analisado, o que sugere que possíveis variações para uma mesma classe de cobertura da terra pode ter sido negligenciada.

A Tabela 5 destaca a contribuição do que restou da vegetação natural no estoque de C na área da bacia em 2009. Em termos gerais, menos de 40% da área da bacia ainda possui vegetação natural. Esse montante armazena mais de 29 Tg C (37% do estoque de C estimado para toda a bacia). O Campo Sujo (19,50 % área) e Cerradão/Mata (17,70% da área) estocaram, juntos, mais de 24 Tg C.

Tabela 5: Contribuição da vegetação natural e do uso antrópico no estoque de C da bacia do Rio Araguari-MG (1973 e 2009).

Grupos	1973				2009			
	Área (ha)	Área (%)	C (Tg)	C (%)	Área (ha)	Área (%)	C (Tg)	C (%)
Vegetação Natural	1.722.600	85,33	60,96	85,06	799.296	39,58	29,17	37,04
Uso Antrópico	296.000	14,67	10,71	14,94	1.219.304	60,40	49,57	62,96
<b>Total</b>	<b>2.018.600</b>	<b>100,00</b>	<b>71,68</b>	<b>100,00</b>	<b>2.018.600</b>	<b>99,98</b>	<b>78,74</b>	<b>100,00</b>

Pela análise da Tabela 5 é possível verificar que em 1973, do total de 71,68 Tg de C estocado nos solos da bacia do Rio Araguari-MG, a maior parte do carbono era oriundo da vegetação natural, em que cerca de 60,96 Tg estava estocado sob as diferentes fitofisionomias do Cerrado, ao passo que o uso antrópico correspondia por

10,71 Tg C. O aumento do estoque de C no período compreendido entre 1973 e 2009 foi de mais de 7 Tg de C (Gráfico 3).

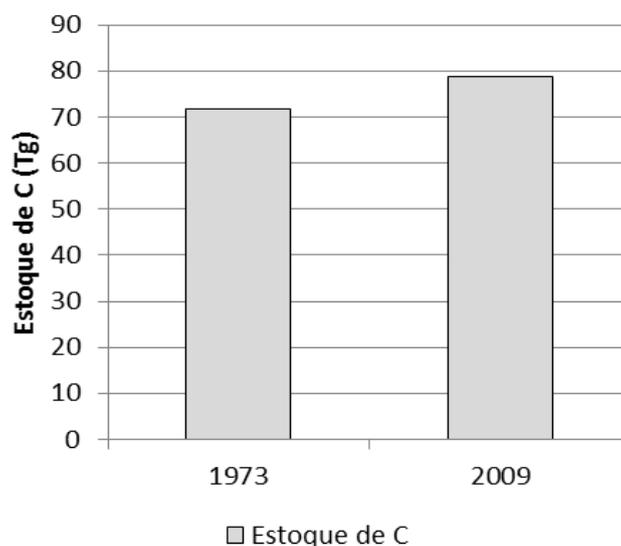


Gráfico 3: Estimativa do estoque de C para a bacia do Rio Araguari-MG na profundidade de 0-20 cm (1973 e 2009).

Foi evidenciado que, em 2009, a maior parte do C armazenado no solo se deu pelas atividades agropecuárias, uma contribuição de 49,57 Tg de C, representando quase 63% do total do C armazenado. Em termos gerais, menos de 40% da área da bacia ainda possui vegetação natural. Esse montante armazena mais de 29 Tg C (cerca de 37% do estoque de C estimado para toda a bacia).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de dados de sensoriamento remoto, e conseqüente mapeamento, a partir de imagens de satélite MSS/Landsat 2 e TM/Landsat 5 foram imprescindíveis para analisar a dinâmica espaço-temporal do C estocado nos anos de 1973 e 2009. Para tanto, a disponibilização gratuita de dados históricos da série Landsat pelo INPE, além da ininterrupta geração de dados Landsat, permitiram a estimativa da área ocupada por cada categoria de uso da terra e cobertura vegetal natural e seus respectivos estoques de C. A resolução espacial de 80 m, a resolução radiométrica de 6 bits e a baixa resolução espectral do sensor MSS dificultaram o mapeamento da vegetação natural com pequenas dimensões, inclusive àquelas que se localizavam em áreas de relevo acidentado (como exemplo, as áreas na porção sudeste da bacia do Araguari).

Com relação ao mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal natural, verificou-se que, em 1973, 85,34% da área apresentavam-se cobertas por vegetação natural, enquanto apenas 14,66% estavam ocupadas pela agricultura e pecuária. Já em 2009, constatou-se o oposto, já que 60,41% da área destinavam-se à agricultura e pecuária, enquanto 39,60% da área encontravam-se cobertas com vegetação natural. A análise dos períodos avaliados mostrou que em 2009 o C estocado foi significativamente maior que em 1973, sendo assim, pode-se concluir que a modificação do uso da terra aumentou o C estocado.

### **Agradecimentos**

Ao Antônio Roberto Formaggio (INPE) e ao Daniel Alves Aguiar (INPE), pela concessão dos dados da expansão da cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais.

### **Referências**

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C. de; URGUAGA, S. Potencial para Acumulação e Sequestro de Carbono em Pastagens Brachiaria. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2001, p. 213-229.

CANASAT. **Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra**. Aquisição de dados da expansão da cana-de-açúcar em Minas Gerais. Disponível em: < <http://150.163.3.3/canasat/index.php>>. Acesso em: 25 mar 2010.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; LAL, R. Challenges and Opportunities of Soil Carbon Sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. **Carbon Sequestration in Soils of Latin America**. Haworth Press, 2006, p. 41-48.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte de depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, abr./jun. 1999. Disponível em: < <http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n2a25.pdf>>. Acesso em: 15 ago 2007. CRASWELL, E. T.; LEFROY, R. D. B. The role and function of organic matter in

tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 61: 7–18, 2001. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/t203210751r42058/>. Acesso: 29 mar de 2009.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. **Documentos 12. Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo de carbono**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17p. Disponível em <<http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 25 mai 2007.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cerrados Informa. Manejo adequado do solo e sequestro de Carbono**. Fev. e Mar. 2005. Planaltina, DF. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/bot013.pdf>>. Acesso em: 15 jun 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Review of Evidence on Drylands Pastoral Systems and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation**. Roma, 2009. Disponível em: <<http://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e/i1135e00.pdf>>. Acesso em janeiro de 2010.

FOLLETT, R. F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil & Tillage Research**, 61 (2001), 77-92.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Dados da produção de café. Disponível em: <[WWW.ibge.org.br](http://www.ibge.org.br)>. Acesso em: 23 abr 2008.

IPCC. 2007. **Cambio Climático 2007: Mitigación del Cambio Climático**. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Resumen Técnico. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm)>. Acesso em 8 jul 2008.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. **Carbon Sequestration in Soils of Latin America**. Haworth Press, 2006, 49-64.

MCT. **Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. Comunicação Inicial do Brasil**. p.

81-162, Sem Data (SD). Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0004/4199.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf). Acesso em: 05 ago 2008.

MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANNELAS, L. P.; CAMARGO, F. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. 2ª Ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008, p. 1-4.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Cartas elaboradas para o projeto Mapeamento da cobertura vegetal do bioma cerrado. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/> Acesso: 05 jun 2009.

POST, W. M.; KWON, K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: process and potential. **Global Change Biology** (2000) 6, 317-327.

ROSENDO, J. S. **Estoque de carbono nos solos da bacia do Rio Araguari-MG: estimativas, modelagem e cenários**. 311 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2010. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/sites/ig.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Jussara\\_Rosendo.pdf](http://www.ig.ufu.br/sites/ig.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Jussara_Rosendo.pdf)>

RUDORFF B. F. T., AGUIAR D. A., SILVA W. F., SUGAWARA L. M., ADAMI M., MOREIRA M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, 2(4), p. 1057-1076, 2010. doi: <10.3390/rs2041057>.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal do Bioma Cerrado (Ano-base 2002)**. Série Biodiversidade 36. Brasília: MMA/SBF, 2010, 96 p.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G.; BEZERRA, H. S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. 04, 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1199-1206. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.19.46/doc/1199-1206.pdf>. Acesso em: 24 fev 2010.

SCURLOCK, J. M. O.; HALL, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology** (1998), 4, 229-233.

SINGH, B. R.; LAL, R. The potential of soil carbon sequestration through improves management practices in Norway. **Environment, Development and Sustainability** (2005) 7:161–184.

TRUMBORE, S. E.; TORN, M. S. Soils and the Global Carbon Cycle. In: **Soils and Global Change**, EA Holland, ed. NATO Advanced Study Institute; LBNL-44910, 2003, p. 1-34.

YEOMANS, J.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 19: 1467-1476, 1988.

*Recebido em: 25/11/2012*

*Aceito para publicação em: 22/05/2012*