

## **Alterações antropogênicas nos remanescentes de vegetação natural (RVN) de savana do estado de São Paulo no ano de 2009**

Gustavo Bayma Siqueira da Silva<sup>1</sup>  
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff<sup>1</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>  
Daniela Paula Faria<sup>1</sup>  
John Mauricio Arenas-Toledo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - CEP: 12227-010 - São José dos Campos - SP  
{bayma, bernardo, yosio, danipf, john}@dsr.inpe.br

**Abstract:** Deforestation in São Paulo State was mainly driven by sugarcane and coffee crops during the XVIII and XIX centuries which caused a significant fragmentation in native forests. More recently, between the 1970's and 1980's decades the native forest fragmentation process was intensified and also the savannah area was drastically reduced due to sugarcane expansion for ethanol production. Much native vegetation was deteriorated and fragmented into smaller disconnected portions during this period. This work was performed within the scope of a technical cooperative agreement between the Environmental Secretary of São Paulo State (SMA) and the National Institute for Space Research (INPE). It consisted in monitoring monthly the land cover changes of 7,000 polygons of remanescent native vegetation (RVN) in the São Paulo State. The environmental assessment of the vegetation cover status was performed based on mesoregions for better discussion of the geographical distribution of the deforested RVN's from May to December 2009. The results showed that Bauru and Ribeirão Preto mesoregions presented the highest land cover changes with 19.4 and 12.1 km<sup>2</sup>, respectively.

**Palavras-chave:** monitoring, degradation, change detection, land cover change, monitoramento, degradação, detecção de mudanças, mudança da cobertura da terra,

### **1. Introdução**

Em São Paulo foi notória a expansão canavieira e cafeeira nos séculos XVIII e XIX que foi responsável pelos grandes desmatamentos no Estado. Pode-se considerar que o início do processo de fragmentação das matas nativas ocorreu nesta época com a derrubada de grandes extensões de florestas nativas devido à expansão das plantações de cana e café. Com o início da crise do café por volta da virada do século XX outras culturas além da cana passaram a ser exploradas. A partir da década de 70 do século passado ocorreu um novo aumento da área cultivada com cana, devido ao programa governamental de incentivo à produção do álcool, provocando mais uma diminuição nas áreas nativas, entre elas a savana (Kotchetkoff, 2003).

Como resultado destes processos grandes áreas de vegetação foram fragmentadas em porções menores e desconjuntas. Ou seja, o mosaico de vegetação que compunha a paisagem passou a ser fragmentado e modificado ao longo do tempo. No contexto da conservação biológica, Korman (2003) afirma que a fragmentação florestal é definida como uma separação ou desligamento não natural de áreas amplas em fragmentos espacialmente segregados, promovendo a redução dos tipos de habitat e a divisão dos habitats remanescentes em unidades menores e isoladas.

A fragmentação atual e avançada do estado de São Paulo não deve ser intensificada ainda mais. Para sua manutenção é importante que se disponha de meios eficazes que permitam monitorar os remanescentes. Neste sentido o presente trabalho é fruto de um convênio firmado entre a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais (FUNCATE) com o objetivo de utilizar imagens de satélites de sensoriamento remoto para detectar possíveis alterações na cobertura de cerca de 7.000 remanescentes de vegetação nativa (RVN) de savana do Estado de São Paulo por meio de um monitoramento

mensal no período de maio a dezembro de 2009. Com base no resultado deste monitoramento é apresentado um diagnóstico ambiental da cobertura vegetal nativa de savana em mesorregiões do estado.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo corresponde ao estado de São Paulo e situa-se na região sudeste do Brasil, com uma área aproximada de 24.820.900 ha. Está localizada entre os paralelos 19° 05' e 25° sul e os meridianos 44° e 53° 05' oeste conforme ilustrado na Figura 1.

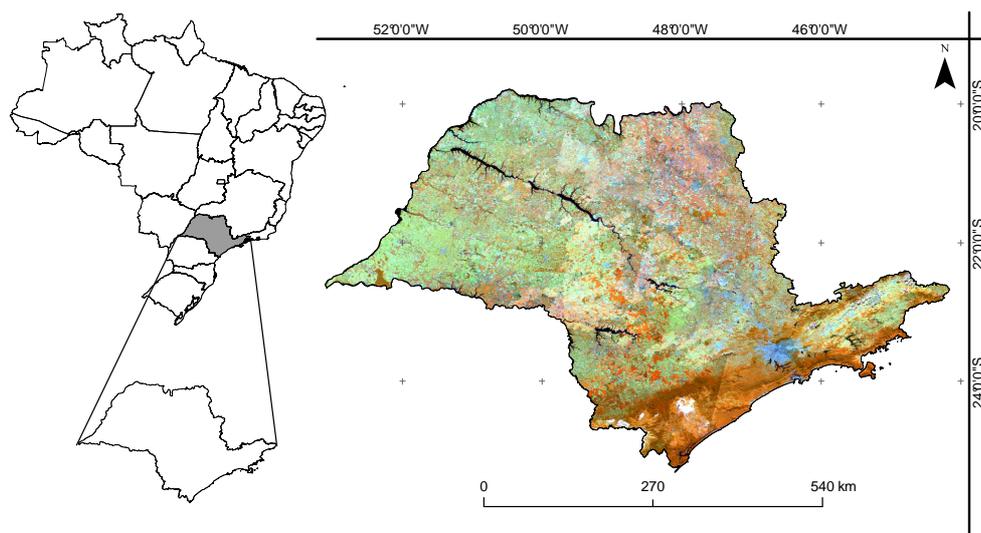


Figura 1. Localização da área de estudo.

Os polígonos dos remanescentes de vegetação natural foram fornecidos pela SMA-SP. Estes polígonos foram originalmente obtidos a partir da interpretação visual de imagens do satélite CBERS adquiridas ao longo do ano de 2001. No presente trabalho os polígonos dos RVN foram sobrepostos às imagens registradas dos satélites Landsat-5 (sensor Thematic Mapper - TM). As bandas selecionadas para a interpretação visual dos polígonos de RVN de savana foram as bandas correspondentes ao comprimento de onda do vermelho (0,630 - 0,690  $\mu\text{m}$ ) – banda 3; infravermelho próximo (0,760 - 0,900  $\mu\text{m}$ ) – banda 4; e infravermelho médio (1,550 - 1,750  $\mu\text{m}$ ) – banda 5. As imagens Landsat-5 utilizadas neste trabalho podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Data das imagens Landsat-5 disponíveis e utilizadas no monitoramento dos RVN de savana no ano de 2009.

Órbita-ponto	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
218-76	26	-	27	30	15	-	-	-
219-75	-	-	20	-	-	24	-	-
219-76	-	-	-	05	-	24	-	11
220-74	24	25	27	28	13	31	16	-
220-75	24	-	-	28	13	31	16	-
220-76	24	09	-	28	13	31	-	-
220-77	24	-	28	-	-	31	-	-
221-74	-	-	18	-	-	-	-	-
221-75	-	-	18	-	-	06	-	-

221-76	-	-	18	03	-	06	-	-
222-74	22	-	25	26	27	29	14	16
222-75	22	-	09	26	27	29	14	-
222-76	22	23	-	26	27	29	-	-
223-74	-	30	-	01	18	-	-	-
223-75	13	-	-	-	18	-	-	-
223-76	-	-	-	-	02	04	-	-

Uma vez sobrepostos, os polígonos foram verificados individualmente de forma que as áreas alteradas pudessem ser detectadas. Através da interpretação visual os polígonos que apresentaram algum tipo de alteração de origem antropogênica foram selecionados para a segunda etapa da metodologia. A segunda etapa consistiu na edição dos polígonos de RVN de savana a fim de separar as áreas que corresponderam por alteração. Na tabela de atributos, o número identificador (ID) do polígono da base inicial estava indexado como referência. A etapa seguinte consistiu na subtração entre dois planos de informação: a base inicial de polígonos de RVN de savana, antes do primeiro monitoramento, e a base de polígonos detectados com algum tipo de alteração antropogênica. Esta álgebra permitiu que um terceiro plano de informação fosse gerado: os polígonos de savana que continuavam como remanescentes, no fim do mês, sem nenhum tipo de alteração (Figura 2).

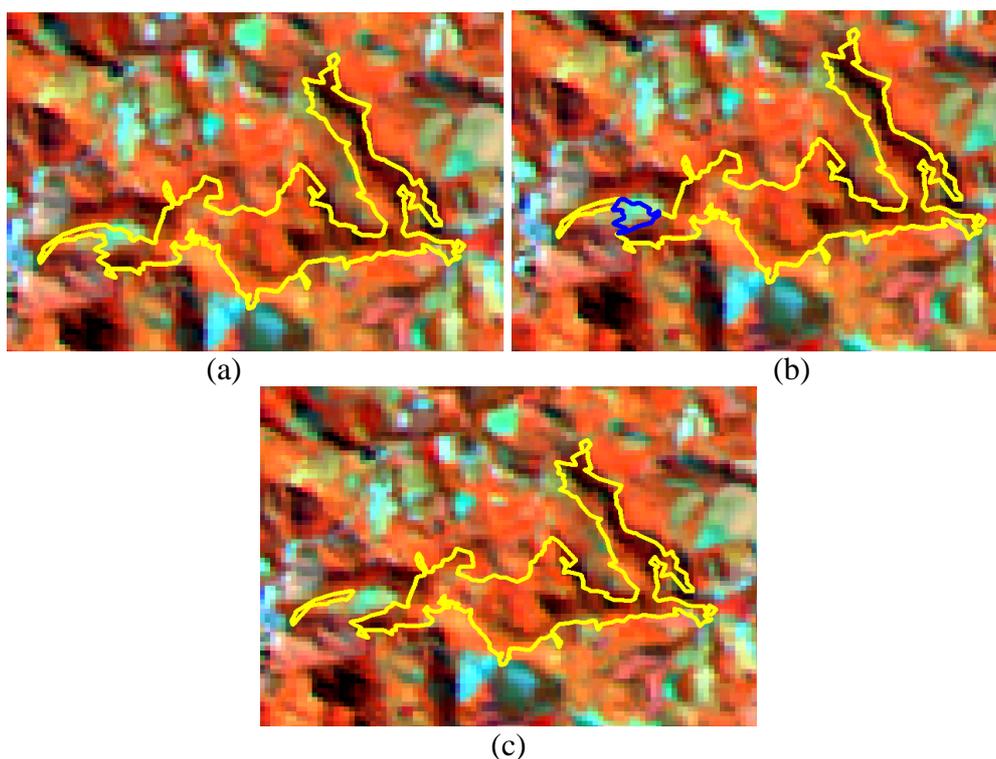


Figura 2. Exemplo da metodologia adotada neste trabalho. Composição R(4) G(5) B(3), imagem Landsat/TM do dia 04 de maio de 2010. Em: (a) primeira etapa: sobreposição do polígono de RVN (em amarelo) sobre a imagem Landsat/TM; (b) segunda etapa: delimitação da área alterada (em azul) no polígono de RVN (em amarelo); e (c) terceira etapa: resultado da subtração entre a base inicial de RVN de savana e polígono de RVN com alteração, polígono que continuou como RVN de savana no fim do mês.

As informações acerca dos polígonos dos RVN de savana foram percorridas em duas etapas de análise. Primeiramente, foi realizado o levantamento das informações dos

remanescentes na base inicial, ou seja, as informações dos remanescentes antes de maio de 2009. A segunda etapa consistiu na análise dos polígonos de alteração dos remanescentes de vegetação nativa de savana de maio a dezembro de 2009.

As análises do levantamento da distribuição espacial dos RVN de savana foram realizadas para todo o estado de São Paulo dividido em 15 mesorregiões com as seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial (IBGE, 2005).

As 15 mesorregiões são: 1- Araçatuba; 2- Araraquara; 3 – Assis; 4 – Bauru; 5 – Campinas; 6 – Itapetininga; 7 – Litoral Sul Paulista; 8 – Macrometropolitana Paulista; 9 – Marília; 10 – Metropolitana de São Paulo; 11 – Piracicaba; 12 – Presidente Prudente; 13 – Ribeirão Preto; 14 – São José do Rio Preto; e 15 – Vale do Paraíba Paulista (Figura 3).

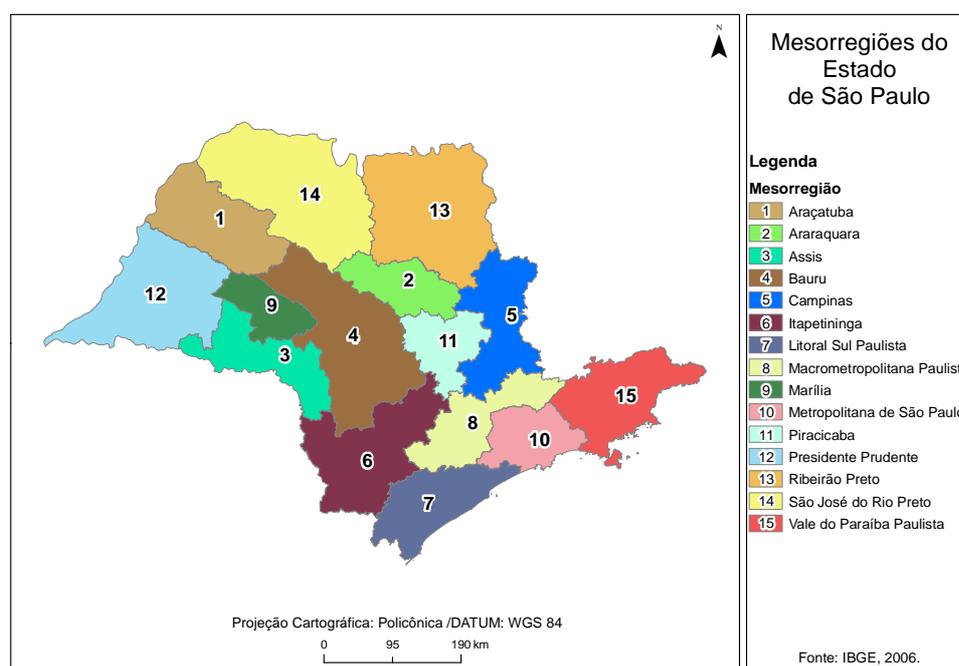


Figura 3. Mapa das mesorregiões do Estado de São Paulo

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Remanescentes de vegetação nativa de savana

Na contabilização dos polígonos RVN de savana do estado de São Paulo, observou-se que em praticamente todas as mesorregiões ocorreu aumento no número de polígonos devido ao aumento da fragmentação e conseqüente diminuição da área, conforme ilustrado na Figura 2.

A base inicial dos remanescentes de vegetação nativa contabilizou 7.419 polígonos para todo o estado de São Paulo, o que correspondeu por uma área estimada de 2.028,61 km<sup>2</sup>. As mesorregiões de São José do Rio Preto, Bauru e Ribeirão Preto concentravam 60,9% do total de área remanescente de vegetação natural correspondendo a 69,2% do número total de polígonos (Tabela 1). Apenas a mesorregião Litoral Sul Paulista não apresentou áreas remanescentes de vegetação natural.

Tabela 1. Área estimada e total de polígonos da base inicial e do estado atual dos remanescentes de vegetação natural no estado de São Paulo.

Mesorregião	maio/09			dezembro/09		
	Área (ha)	% <sup>1</sup>	Polígonos	Área (ha <sup>2</sup> )	% <sup>1</sup>	Polígonos
Araçatuba	9.269,0	4,6	440	9.202,0	4,7	443
Araraquara	21.480,0	10,6	497	20.883,0	10,6	497
Assis	17.724,0	8,7	490	17.650,0	9,0	499
Bauru	40.989,0	20,2	1174	38.987,0	19,8	1175
Campinas	5.044,0	2,5	161	4.568,0	2,3	163
Itapetininga	2.035,0	1,0	48	1.500,0	0,8	50
Macro Metrop. São Paulo	11,0	0,0	1	11,0	0,0	1
Marília	2.382,0	1,2	93	2.351,0	1,2	98
Metropolitana de São Paulo	1.106,0	0,5	28	1.096,0	0,6	27
Piracicaba	5.388,0	2,7	106	5.185,0	2,6	115
Presidente Prudente	13.396,0	6,6	259	12.841,0	6,5	264
Ribeirão Preto	39.945,0	19,7	1525	38.717,0	19,7	1535
São José do Rio Preto	42.635,0	21,0	2436	42.319,0	21,5	2435
Vale do Paraíba Paulista	1.458,0	0,7	161	1.370,0	0,7	160
<b>Total</b>	<b>202.861,0</b>	<b>100</b>	<b>7.419</b>	<b>196.680,0</b>	<b>100</b>	<b>7462</b>

<sup>1</sup> em relação à área total de RVN de savana

### 3.2. Alteração dos remanescentes de vegetação nativa de savana

Na primeira contabilização de alterações (maio de 2009), as mesorregiões com maior número de áreas alteradas nos remanescentes de vegetação nativa foram Bauru e Ribeirão Preto, com 18,53 e 10,16 km<sup>2</sup>, respectivamente (Tabela 2). Somente a mesorregião de Bauru correspondeu por 34,6% do total de áreas alteradas no estado de São Paulo.

Apesar da mesorregião de São José do Rio Preto apresentar no total 426,35 km<sup>2</sup> de área (2.436 polígonos), no mês de maio foram contabilizadas apenas 1,95 km<sup>2</sup> (menos de 1% do total da área) em 39 alterações (~1,6% do total de polígonos). Cabe ressaltar que a mesorregião de Itapetininga apresentou alteração em metade dos 48 polígonos da base inicial, do total de 20,35 km<sup>2</sup> de remanescentes na base inicial foram alterados 5,34 km<sup>2</sup> (~26% do total da área).

Tabela 2 – Estimativa da área alterada acumulada e número de polígonos alterados acumulados no estado de São Paulo, entre maio e dezembro de 2009.

Mesorregião	maio/09			dezembro/09		
	Área (ha)	% <sup>1</sup>	Polígonos	Área (ha)	% <sup>1</sup>	Polígonos
Araçatuba	120,0	2,2	5	120,0	31,8	5
Araraquara	507,0	9,5	47	517,0	19,8	55
Assis	182,0	3,4	16	193,0	9,2	21
Bauru	1.853,0	34,6	169	1.945,0	8,5	193
Campinas	338,0	6,3	31	466,0	7,6	37
Itapetininga	534,0	10,0	24	562,0	6,5	25

Marília	32,0	0,6	5	78,0	4,4	7
Metropolitana de São Paulo	3,0	0,1	5	10,0	4,1	13
Piracicaba	44,0	0,8	7	253,0	3,2	18
Presidente Prudente	449,0	8,4	23	398,0	2,0	23
Ribeirão Preto	1.016,0	19,0	120	1.212,0	1,4	145
São José do Rio Preto	195,0	3,6	39	269,0	1,3	56
Vale do Paraíba Paulista	78,0	1,4	31	88,0	0,2	34
<b>Total</b>	<b>5.351,0</b>	<b>100</b>	<b>522</b>	<b>6.110,0</b>	<b>100</b>	<b>632</b>

<sup>1</sup> em relação à área total de RVN de savana

Em relação à fragmentação dos RVNs de savana na área de estudo, pode ser observado que em praticamente todas as mesorregiões ocorreu aumento no número de fragmentos, menos nas mesorregiões de Araçatuba e Presidente Prudente. Foi totalizado 110 novos fragmentos, com a mesorregião de Ribeirão Preto e Bauru correspondendo por 22,7% e 21,8% dos novos fragmentos, respectivamente. O maior número de fragmentos não correspondeu, necessariamente, pelas maiores alterações no que diz respeito à extensão das áreas alteradas. Por exemplo, a mesorregião de Piracicaba correspondeu por 10% dos novos fragmentos e por 27,5% do total da área alterada no período considerado. A mesorregião de Campinas com apenas seis novos fragmentos apresentou alteração de 128 ha, o que contrastou com a mesorregião de Bauru que apesar de apresentar 24 novos fragmentos, a extensão destas alterações foi de 92 ha. Cabe ressaltar que a mesorregião de Presidente Prudente apresentou não apresentou novos fragmentos e redução da área da área alterada entre o maio e dezembro, isto pode ser indicativo de recuperação de algumas áreas classificadas como alteradas anteriores à dezembro (Figura 4 e 5).

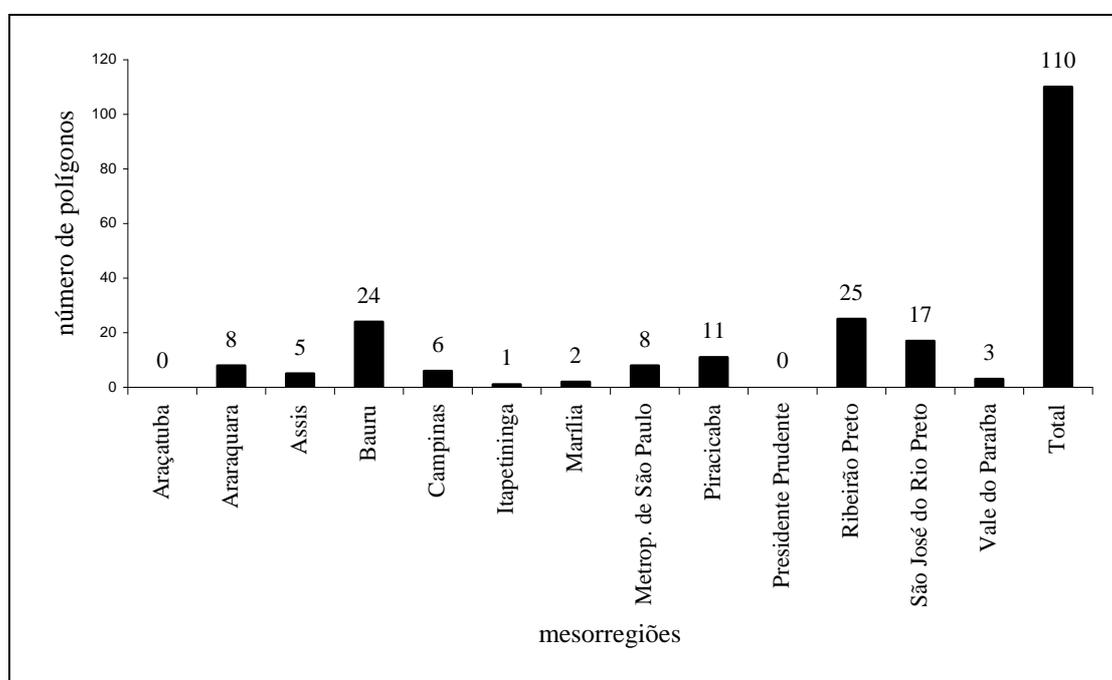


Figura 4. Diferença do total de polígonos alterados entre maio e dezembro de 2009, por mesorregião e no total do estado de São Paulo

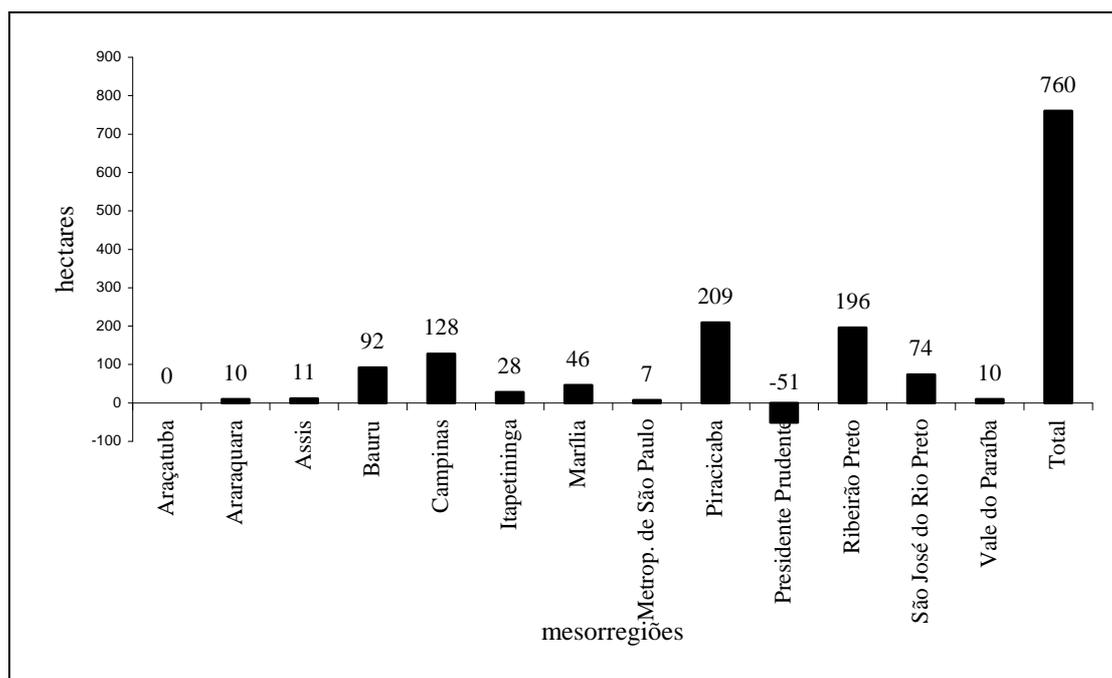


Figura 5. Diferença da estimativa da área alterada acumulada entre maio e dezembro de 2009, por mesorregião e no total do estado de São Paulo.

#### 4. Conclusões

Do ponto de vista da distribuição geográfica dos polígonos remanescentes e alterados, pode ser observado que as mesorregiões de São José do Rio Preto, Bauru e Ribeirão Preto concentram a maioria dos polígonos. Bauru e Ribeirão Preto também foram as mesorregiões responsáveis pelo maior número de polígonos com alteração da cobertura vegetal natural, com 24 e 25 polígonos, respectivamente. Sendo assim, estas regiões podem vir a ser áreas prioritárias no monitoramento e fiscalização dos remanescentes.

A análise dos polígonos dos remanescentes no estado de São Paulo permitiu verificar a perda de 6.110 ha de vegetação natural. Além disto, pode ser observado que o número de polígonos dos remanescentes aumentou de 7.419 para 7.462 polígonos. Isto pode ser explicado pelo fato de os polígonos dos remanescentes restantes apresentarem-se fragmentados, como exemplificado na Figura 2.

Para etapas futuras é sugerida a interpretação e classificação das áreas alteradas, para discriminação das atividades antropogênicas que originaram tais alterações. Ademais, sugere-se a verificação em campo com vistas à avaliação da interpretação e delimitação das áreas alteradas.

#### Referências Bibliográficas

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal Digital, 2005. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 10 dez 2007.

Korman, V. Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP), 2003. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003. Disponível em: <<http://www.saoluis.br/revistajuridica/arquivos/005.pdf>>. Acesso em 23 out 2010.

Kotchetkoff, H. O. Caracterização da vegetação natural em Ribeirão Preto, SP: bases para conservação, 2003. 221p. Tese (Doutorado). FFCLRP/USP, Ribeirão Preto. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1203705.pdf>> 24/10/10. Acesso em: 23 out 2010.