

Mudanças no uso do solo nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros/MG a partir de imagens do sensor Landsat 5 TM

Marcelo de Oliveira Latuf
Mauro Aparecido Martinez
Fernando Falco Pruski
Demetrius David da Silva

Universidade Federal de Viçosa - UFV
Departamento de Engenharia Agrícola - DEA
Av. P.H. Rolfs, s/n.º - Campus UFV- 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
marcelo_latuf@yahoo.com.br
{mmauro, ffpruski, david}@ufv.br

Abstract. The knowledge about the land use is important for understanding the organization territory patterns. The constant updating of land use information is required to identify tendencies to be analyzed, quantified and spatialized. Thus, this paper has the objective to elaborate the land use changes tendencies in the period from 1985 to 2000, using Landsat 5 TM images to the Preto river and Entre Ribeiros creek basins, located on Paracatu river catchment in Minas Gerais State, Brazil. Therefore, were used 27 images of the row/path 221/71, 220/71 and 220/72, and they were treated by the software Spring 4.2. The results show that, in most cases, the savannah areas had decreased significantly in this period, mainly, on cultivation areas.

Palavras-chave: remote sensing, digital image processing, land use change, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, mudanças do uso do solo.

1. Introdução

Sensoriamento remoto pode ser definido, de acordo com Novo (1999), como a aquisição de informações sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele.

A utilização de imagens produzidas por sensores remotos para o mapeamento e monitoramento da superfície terrestre passou a ter fundamental importância nas últimas décadas, principalmente pelo desenvolvimento de técnicas e programas de computador para a análise e manipulação digital destes produtos.

O levantamento do uso do solo de uma determinada região é de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo, para que suas tendências possam ser analisadas, quantificadas e espacializadas.

Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso do solo.

A expressão “uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam danos ao ambiente.

Mudanças no uso do solo podem ser causadas, dentre outras, pelo avanço de fronteiras agrícolas, urbanização, desmatamento, mineração, reflorestamento e aumento de áreas de pastagem. As mesmas quando não corretamente manejadas e/ou planejadas causam danos aos recursos naturais, principalmente relacionados aos recursos hídricos.

As bacias hidrográficas do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros, afluentes do rio Paracatu, inserem-se neste contexto, drenando uma área de aproximadamente de 14.149km², dos quais 74,87% (10.621km²) encontram-se no Estado de Minas Gerais, 15,71% (2.212km²) no Estado de Goiás e 9,42% (1.316km²) no Distrito Federal.

Rodriguez (2004) comprova que em 1996 o principal consumidor de água na bacia do rio Paracatu foi a irrigação, que teve sua participação de 78% a 93% do total da vazão consumida em algumas seções fluviométricas.

Deste modo, o presente trabalho possui por objetivo a realização do monitoramento das mudanças do uso do solo nestas bacias, no período de 1985 a 2000, com o auxílio de imagens do sensor Landsat 5 TM, bem como a elaboração de tendências destas mudanças utilizando-se de uma série de nove anos de informações sobre o uso do solo.

2. Materiais e métodos

A seleção de quais órbitas/ponto recobriam a área de estudo (**Figura 1**) foi verificada junto ao *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sob a coordenação da Divisão de Geração de Imagens (DGI), por meio do endereço <http://www.dgi.inpe.br>.

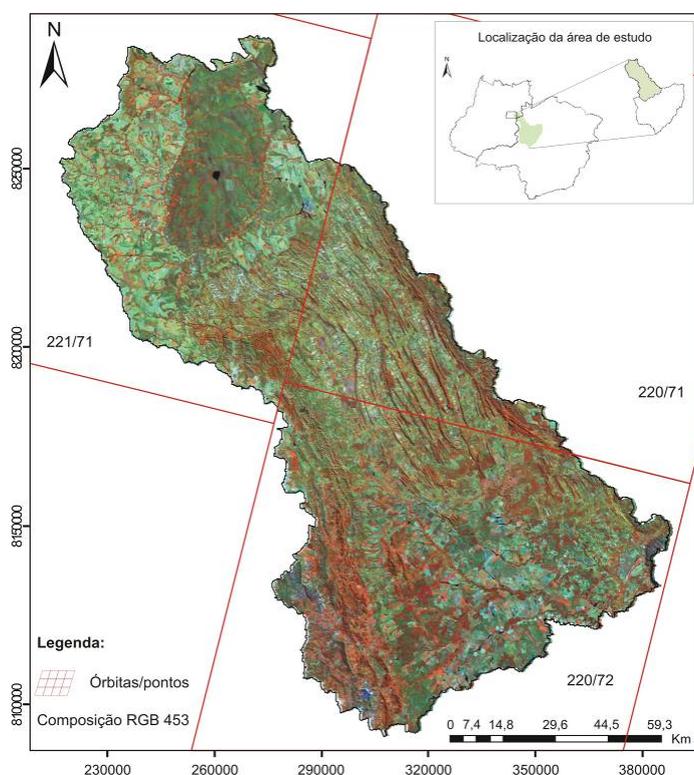


Figura 1 - Mapa da região de estudo com as órbitas/ponto selecionadas

Na realização deste estudo foram utilizadas 27 imagens, em três órbitas/ponto (221/71, 220/71 e 220/72) do sensor Landsat 5 TM, abrangendo o período de 1985 a 2000, sendo as mesmas intercaladas bianualmente. Desta forma, o monitoramento do uso do solo nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros contou com nove anos (1985, 87, 89, 91, 93, 95, 96, 98 e 2000).

Deste modo, foi solicitado uma listagem preliminar de imagens junto à DGI, conforme coordenadas geográficas limítrofes da área de estudo, para a realização da seleção das melhores datas de passagem do sensor sobre a área, considerando a menor cobertura de nuvens possível.

As imagens do sensor Landsat 5 TM foram adquiridas com um nível de correção (1G), ou seja, com correções geométricas e radiométricas, associadas a um sistema de projeção, com resolução espacial de 30m e no formato GeoTiff.

Após adquiridas as imagens, as mesmas passaram por procedimentos de processamento digital de imagens, utilizando o Sistema de Informação Geográfica Spring 4.2 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido por Inpe (2005), que compreenderam: realce de histograma, filtragem, registro das imagens, segmentação, definição de amostras, classificação digital e finalmente, a verificação da exatidão do mapa temático elaborado, conforme observa-se por meio da **Figura 2**.

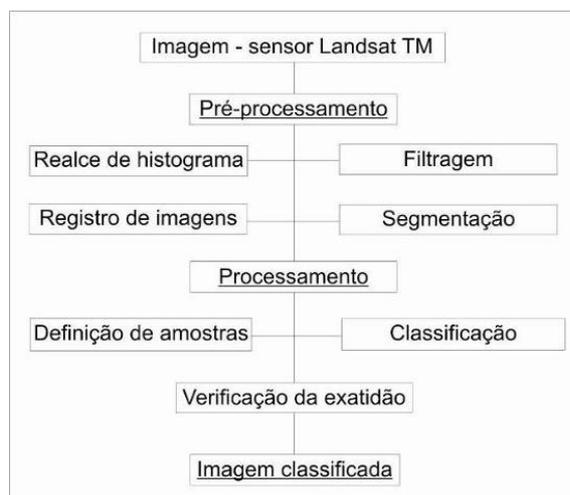


Figura 2 - Organograma de processamento das imagens

Na etapa de realce foi utilizado o procedimento de realce por histograma cuja melhor operação que adequou-se foi a linear. Com relação ao procedimento de filtragem das imagens, foi adotado uma máscara 3x3 para a remoção de eventuais ruídos presentes nas mesmas.

Para a realização do registro das imagens foram adquiridos aproximadamente 54 pontos de controle por órbita/ponto, para ajuste de uma função polinomial de 3º grau, tendo como principal orientação para isto a drenagem mapeada e georreferenciada a partir das cartas topográficas na escala de 1:250.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste sentido, o sistema de coordenadas adotado para o registro de todas as imagens foi baseado nas informações do IBGE, ou seja, datum horizontal Córrego Alegre e projeção UTM zona 23 Sul.

Para o registro das demais órbitas/ponto foi utilizado o *software* Regeemy 0.2.42, desenvolvido por Fedorov et al. (2005), disponível por meio do endereço <http://regima.dpi.inpe.br>, para registro e mosaicagem automatizada.

Na última etapa da fase de pré-processamento das imagens foi realizada a segmentação das imagens para cada ano com os conjuntos de órbitas/ponto *mosaicados*. Utilizou-se o segmentador instalado no Spring 4.2, capaz de identificar e segmentar áreas de características semelhantes, a partir do método de crescimento de regiões.

Foram testados diversos limiares e tamanhos de regiões, chegando a um desempenho satisfatório, tanto computacionalmente, quanto para a qualidade da classificação, com o limiar de 25 e tamanho de polígonos de 100 pixels. Para a fase de definição de amostras para suporte à classificação digital das imagens, primeiramente foram coletadas informações sobre documentos cartográficos já elaborados para a área de estudo, assim como, visitas a campo para checagem de algumas áreas.

Nesta etapa foi utilizado um mapa de uso do solo elaborado por Brasil (1997), confeccionado para o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia do rio Paracatu. Este mapa de uso do solo foi utilizado como suporte à decisão no momento da escolha das amostras representativas para cada classe de uso do solo.

Entretanto, houve a necessidade de realizar uma divisão das amostras durante a realização desta etapa. Esta divisão foi realizada considerando amostras de aquisição e teste, ou seja, amostras para treinamento do classificador digital e para a verificação da exatidão do mesmo, respectivamente.

Na etapa de classificação da imagem digital adotou-se o classificador Bhattacharya, com um limiar de 75% de aceitação para o mesmo. Desta forma, adotando-se a maior restrição possível a este classificador, espera-se que a identificação das áreas amostradas seja mais homogênea possível, deixando, com isto, algumas áreas ditas “não classificadas”. Estas áreas “não classificadas” foram classificadas, posteriormente, como áreas de cultivos. Este procedimento teve de ser realizado, devido, sobretudo, à grande variabilidade espectral dos diversos cultivos agrícolas encontrados na região de estudo.

As classes de uso do solo foram obtidas por meio da classificação híbrida, utilizando-se as seguintes classes: floresta, cerrado, reservatórios, pastagem, cultivos e urbanização.

A verificação da exatidão dos mapas temáticos gerados a partir da classificação das imagens foi realizada por meio da estatística Kappa, que é um dos métodos mais utilizados para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático, segundo Moreira (2005) e Novo (1999).

A partir dos dados de usos do solo, de cada classe temática mapeada, para cada ano da série, elaborou-se os gráficos de tendências utilizando-se o *software* Microsoft Excel[®], com o objetivo de obter, além da tendência do comportamento da classe de uso do solo, a significância da mesma, por meio do ajuste de uma equação de regressão linear simples.

Foram selecionadas para a realização deste trabalho duas estações fluviométricas localizadas nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros, respectivamente a estação Fazenda Barra da Égua (42435000) e Porto dos Poções (42600000). Ambas estações representam as características das bacias onde se inserem, motivo pelo qual foram selecionadas, além do fato de subsidiarem posteriores associações entre modificações do uso do solo e comportamento hidrológico.

3. Resultados

As exatidões dos mapas temáticos gerados (**Tabela 1**), a partir do processamento digital, foram classificadas de bom a muito bom, segundo o método do Índice Kappa, conforme Landis e Koch (1977).

Tendo em vista a exatidão dos mapeamentos temáticos gerados foi possível a realização do monitoramento das modificações do uso do solo nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros, que subsidiaram a elaboração de análises de tendências ao longo do período observado.

Tabela 1 - Exatidões dos mapeamentos de uso do solo

Anos	Índice Kappa (%)	Classificação*
1985	56,62	Bom
1987	57,02	Bom
1989	58,37	Bom
1991	74,72	Muito Bom
1993	76,58	Muito Bom
1995	56,92	Bom
1996	57,16	Bom
1998	78,67	Muito Bom
2000	77,84	Muito Bom

(*) Segundo Landis e Koch (1977), In: Moreira (2005)

Na **Tabela 2** e **Figura 3** são apresentados os resultados do monitoramento para a área de drenagem da estação fluviométrica Fazenda Barra da Égua, que representa 41,15% da área da bacia do Entre Rios, onde se registrou crescimento das áreas de floresta, reservatórios e cultivo, tendo uma diminuição nas áreas de cerrado e pastagem.

Tabela 2 - Mudança no uso do solo no período de 1985 a 2000 para a área de drenagem da estação fluviométrica Fazenda Barra da Égua

Uso do solo	Área (Km ²)			% de cobertura na área da bacia	
	1985	2000	Diferença	1985	2000
Floresta	620,55	694,13	+73,58	39,00	43,63
Cerrado	635,23	332,55	-302,68	39,93	20,90
Reservatórios	4,33	6,01	+1,68	0,27	0,38
Pastagem	176,21	97,22	-78,99	11,08	6,11
Cultivo	154,68	461,09	+306,41	9,72	28,98
Total	1.591,00	1.591,00	-	100	100

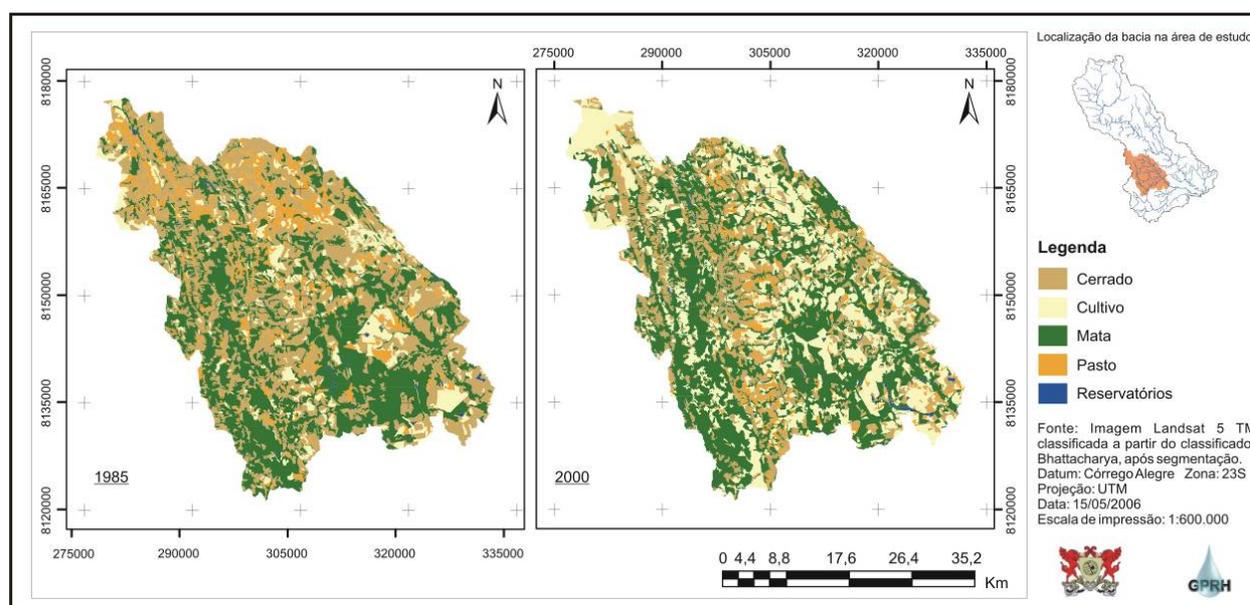


Figura 3 - Mapa do uso do solo para a área de drenagem da estação fluviométrica Fazenda Barra da Égua no período de 1985 a 2000

O crescimento das áreas de floresta, reservatórios e cultivo foram da ordem de 73,58km², 1,68km² e 306,41km², respectivamente.

No ano de 1985 a porcentagem de cobertura destas áreas em relação ao tamanho da área de drenagem foi de 39,00%, 0,27% e 9,72%, para floresta, reservatórios e cultivo, respectivamente. No ano de 2000 registrou-se uma cobertura de 43,63% para floresta, com aumento de 11,85%, 0,38% para reservatórios, com crescimento de 38,79% e 28,98% para áreas de cultivo, com elevação de 198,09%.

Nas áreas de cerrado e pastagem observa-se uma diminuição de 302,68 km² e 78,99km², respectivamente. No ano de 1985 a porcentagem de cobertura destas áreas em relação ao tamanho da área de drenagem foi de 39,93% e 11,08%, respectivamente, para os usos de cerrado e pastagem. Entretanto, para o ano de 2000 registrou-se nas áreas de cerrado uma cobertura de 20,90%, com diminuição de 47,64%, sendo que para as áreas de pastagem a

cobertura presente no ano de 2000 foi de 6,11%, com uma taxa de diminuição no período de 44,82%.

A diminuição das áreas de cerrado nesta bacia deve-se ao fato do avanço da fronteira agrícola, pois 91,93% das áreas de cerrado passaram a ser áreas de cultivo. Já a substituição das áreas de pastagem foi da ordem de 73,88% por áreas de floresta.

Para a confecção das linhas de tendências dos usos do solo foram utilizados os dados de todos os mapas elaborados durante o período de 1985 a 2000. Estas tendências podem ser observadas por meio da **Figura 4**, tendo as significâncias ao longo deste período já sido apresentadas anteriormente.

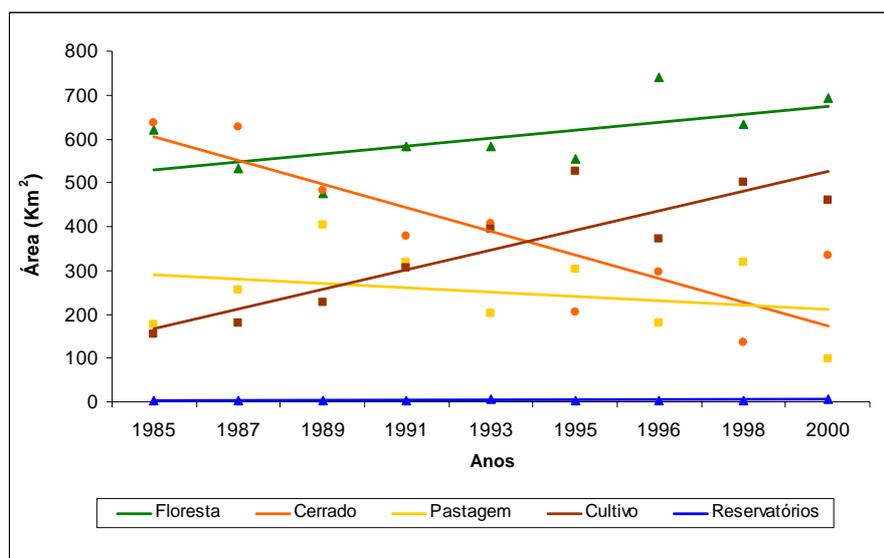


Figura 4 - Tendências observadas na mudança do uso do solo para a área de drenagem da estação fluviométrica Fazenda Barra da Égua no período de 1985 a 2000

Na **Tabela 3** e **Figura 5** são apresentados os resultados do monitoramento para a área de drenagem da estação fluviométrica Porto dos Poções, que possui 91,99% da área de drenagem do rio Preto, onde foi registrado crescimento das áreas de floresta, reservatórios, cultivo, pastagem, urbanização e diminuição nas áreas de cerrado.

Tabela 3 - Mudança no uso do solo no período de 1985 a 2000 para a área de drenagem da estação fluviométrica Porto dos Poções

Uso do solo	Área (Km ²)			% de cobertura na área da bacia	
	1985	2000	Diferença	1985	2000
Floresta	2.145,75	2.822,55	+676,80	22,69	29,84
Cerrado	4.345,67	1.122,84	-3.222,83	45,94	11,87
Reservatórios	22,63	38,58	+15,95	0,24	0,41
Pastagem	1.351,88	1.798,90	+447,02	14,29	19,02
Cultivo	1.567,56	3.639,75	+2.072,19	16,57	38,48
Urbanização	25,51	36,38	+10,87	0,27	0,38
Total	9.459,00	9.459,00	-	100	100

O crescimento das áreas de floresta, reservatórios, pastagem, cultivo e urbanização foram da ordem de 676,80km², 15,95km², 447,02km², 2.072,19km² e 10,87km², respectivamente.

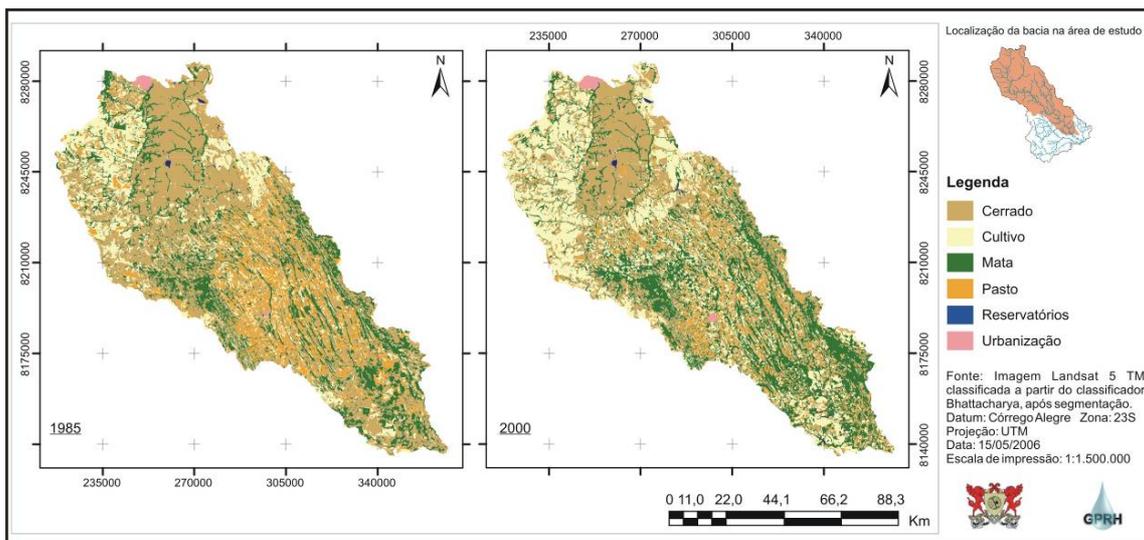


Figura 5 - Mapa do uso do solo para a área de drenagem da estação fluviométrica Porto dos Poções no período de 1985 a 2000

No ano de 1985 a porcentagem de cobertura destas áreas em relação ao tamanho da área de drenagem foi de 22,69%, 0,24%, 14,29%, 16,57% e 0,27%, para áreas de floresta, reservatórios, pastagem, cultivo e urbanização, respectivamente.

No ano de 2000 registrou-se uma cobertura de 29,84% de floresta, com aumento de 31,54%, 0,41% para reservatórios, com elevação de 70,48%, 19,02% para pastagem, com crescimento de 33,06%, 38,48% para cultivo, com aumento de 132,19% e 0,38% para áreas de urbanização, com crescimento de 42,61%.

Nas áreas de cerrado observa-se uma diminuição de 3.222,83km². No ano de 1985 a porcentagem de cobertura deste uso em relação ao tamanho da área de drenagem foi de 45,94%, porém para o ano de 2000 registrou-se uma cobertura de 11,87%, com diminuição de 74,16%. As tendências observadas para cada classe temática do uso do solo podem ser visualizadas por meio da **Figura 6**.

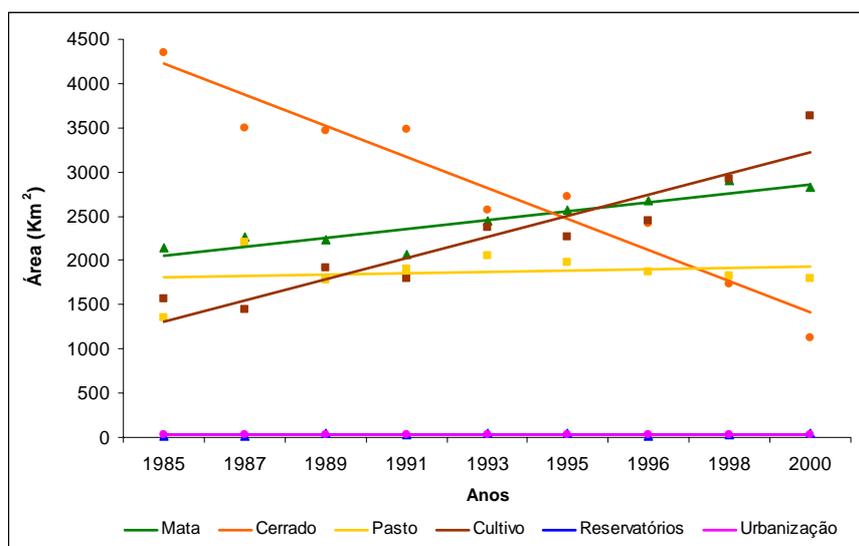


Figura 5 - Tendências observadas na mudança do uso do solo para a área de drenagem da estação fluviométrica Porto dos Poções no período de 1985 a 2000

Foram ajustadas equações de regressão linear com base em uma série de nove anos, para cada classe de uso do solo, para avaliação das significâncias das mesmas. Pode-se visualizar por meio da **Tabela 4** os resultados destas significâncias.

Tabela 4 - Significâncias para as classes de uso do solo das áreas de drenagem das estações fluviométricas Fazenda Barra da Égua e Porto dos Poções

Classes de uso do solo	Fazenda Barra da Égua	Porto dos Poções
	Significâncias (%)	
	1985 a 2000	1985 a 2000
Floresta	95,08	99,95
Cerrado	99,88	99,99
Reservatórios	89,21	72,33
Pastagem	75,44	69,53
Cultivo	99,97	99,99
Urbanização	-	99,99

Com base na **Tabela 4** visualiza-se, em ambas as áreas de drenagem que as classes de uso do solo floresta, cerrado, cultivo e urbanização obtiveram elevadas significâncias ao longo do tempo, sendo que as classes de reservatórios e pastagem alcançaram menores significâncias, refletindo mudanças menos significativas do que as demais classes.

4. Conclusões

Com a discussão e análise dos resultados obtidos, para ambas as áreas de estudo, chegou-se às seguintes conclusões:

- O monitoramento do uso do solo a partir de imagens do sensor Landsat 5 TM mostrou-se eficaz, comprovado por meio da estatística Kappa;
- As classes de usos do solo reservatórios e urbanização obtiveram aumentos significativos, embora ocupem menos de 1% das áreas das bacias estudadas;
- A classe de uso do solo floresta cresceu nas áreas de drenagem de ambas as estações fluviométricas estudadas, o que mostra uma recomposição florestal em decorrência da diminuição das áreas de cerrado e pastagem, exceto para a classe de uso do solo pastagem na área de drenagem da estação Porto dos Poções, onde não houve redução de sua área de cobertura;
- A classe de uso do solo cerrado diminuiu em consequência, principalmente, do aumento das áreas de cultivos.

Referências

- Brasil - Governo Federal. MINAS GERAIS; Governo do estado. DISTRITO FEDERAL. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Paracatu** – PLANPAR. [S. l.]: 1997. v. 1, T. 1. (CD-ROM).
- Fedorov, D.; Fonseca, L. M. G.; Castejon, E. F.; Kenney, C. e Manjunath, B. S. **Software Regeemy 0.2.42**. São José dos Campos: DPI/INPE/Universidade da Califórnia, 2005. *site* <http://regima.dpi.inpe.br>.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. SPRING 4.2 - Manual do Programa**. São José dos Campos: DPI/INPE, 2005.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2005.
- Novo, E.M.L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 3.a ed. 308p.
- Rodriguez, R. del G. **Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas: estudo de caso da bacia do Paracatu**. Viçosa: DEA/UFV, 111p., 2004. (Tese de mestrado em Engenharia Agrícola).