Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Humanas – IH

Departamento de Geografia – GEA

Análise multitemporal de detecção de mudanças por meio de imagens Landsat - 5 do município de Carlinda/MT

Gustavo Freitas Dias de Oliveira

Orientador: Profº Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Brasília, agosto de 2013

Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA

Análise multitemporal de detecção de mudanças por meio de imagens Landsat - 5 do município de Carlinda/MT

Gustavo Freitas Dias de Oliveira

Artigo apresentado para conclusão do curso de Geografia submetido ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, 2013, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de bacharel e licenciatura.

Brasília, agosto de 2013

Instituto de Ciências Humanas – IH

Departamento de Geografia – GEA

Análise multitemporal de detecção de mudanças por meio de imagens Landsat - 5 do município de Carlinda/MT

Gustavo Freitas Dias de Oliveira

Artigo apresentado para conclusão do curso de Geografia submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, 2013, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de bacharel e licenciatura, submetido a seguinte banca examinadora:

_____

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior (UnB)
(orientador)

_____

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes
(examinador)

_____

Prof. Dr.ª Potira Meirelles Hermuche
(examinadora)

Brasília, agosto de 2013

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5

2. ÁREA DE ESTUDO 6

3. MATERIAL E MÉTODOS 8

3.1. Aquisição das Imagens Temporais 8

3.2. Pre-processamento 11

3.2.1. Conversão de Número Digital para a Reflectância 11

3.2.2. Georreferenciamento das imagens 11

3.3. Detecção de Mudanças 12

4. RESULTADO 12

5. CONCLUSÃO 19

RESUMO

O presente trabalho possui como objetivo realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura da Terra no município de Carlinda, em Mato Grosso. Este município está inserido no bioma Amazônico. As principais atividades econômicas estão relacionadas à exploração de madeira, à produção agrícola e ao garimpo, que contribuem com os altos índices de desmatamento, queimadas e erosões ocorrentes na área. Para demonstrar as variações do uso do solo foram utilizadas as imagens TM-Landsat-5 dos anos de 1986, 1991, 1996, 2001, 2006 e 2011. Na detecção de mudança foi utilizado o método de comparação de espectros temporais a partir da métrica de similaridade SCM_{CD} (Spectral Correlation Mapper – Change Detection). Os resultados demonstram um acentuado desflorestamento no município ao longo deste período.

1. INTRODUÇÃO

O avanço das técnicas de sensoriamento remoto e o aumento de plataformas orbitais em funcionamento tornaram possível um monitoramento da superfície terrestre mais preciso e com menor custo. O monitoramento de uma dada região permite avaliar a sua evolução de forma a corrigir situações de desequilíbrio ou de potencial de risco sendo um importante instrumento para a tomada de decisão. Esta informação associada à capacidade de suporte do terreno serve de base para um planejamento racional da ocupação humana (Pereira et al., 1994). De acordo com Assad & Sano (1998), o monitoramento de uma região é um fator fundamental no planejamento regional, especialmente no que se refere ao uso sustentável dos recursos naturais existentes. Diante desse quadro, os produtos de sensoriamento remoto orbital têm sido importantes não só na aquisição primária de informações, mas como também, no inventário e gerenciamento da paisagem agroflorestal em países de dimensões continentais como o Brasil.

O conceito de detecção de mudanças pode ser relacionado à interpretação e percepção das modificações temporais ocorridas na superfície terrestre. Estas mudanças podem ser mensuradas e demarcadas por meio de imagens de sensoriamento remoto relativas a uma mesma região em datas distintas

(Colwell, 1974). Desta forma, a detecção de mudanças por sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta importante no manejo e monitoramento de recursos naturais e desenvolvimento urbano (Singh, 1989; Macleod & Cangalton, 1998). Para Macleod & Cangalton (1998), alguns aspectos devem ser considerados no monitoramento ambiental: a origem da alteração da paisagem, a detecção efetiva da mudança, a intensidade, a direção e a extensão da transformação do uso e cobertura da Terra.

O objetivo do presente trabalho é avaliar a evolução do uso da terra no município de Carlinda, situado no bioma Amazônico, a partir de técnicas de detecção de mudança com imagens de sensoriamento remoto. Vários autores realizaram estudos de mudanças do uso da terra a partir de análise multitemporal na região amazônica, como por exemplo: nordeste do Pará (Santos, 1998), e na região de Bragantina, Pará (Alencar et al. 1996).

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho é o município de Carlinda pertencente ao estado do Mato Grosso (**Figura 1**). O município pertence à mesorregião norte mato-grossense e à microrregião de Alta Floresta, juntamente com os municípios de Apiacás, Alta Floresta, Nova Bandeirantes, Nova Monte Verde e Paranaíta. Está localizado no extremo norte do Estado de Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 55°30’ a 57°00’ longitude oeste e 9°00’ a 11°00’ latitude sul, estando a uma altitude de 290 metros. A extensão territorial deste município é de 2.393.024 km². Sua população é composta por aproximadamente 10.990 habitantes e a distância da sede em relação à capital Cuiabá é de 750 km.

O nome “Carlinda” faz referência ao rio Carlinda, que corta a Rodovia que liga a BR163 à cidade de Alta Floresta. O rio recebeu este nome em 1882 para homenagear a Sra. Carlinda Lourenço Teles Pires, esposa do Capitão Antônio Lourenço Teles Pires, importante militar que iniciou o levantamento do rio Paranatinga. O povoamento teve início em 1981, a partir do assentamento de reforma agrária do INCRA denominado Parque Carlinda, com área de 89 mil hectares. O distrito de Carlinda foi criado em 09/04/1987, pela Lei Estadual n.º 5111subordinado ao município de Alta Floresta. O distrito de Carlinda foi

emancipado do município de Alta Floresta em 19/12/2001, elevando-se à categoria de município.

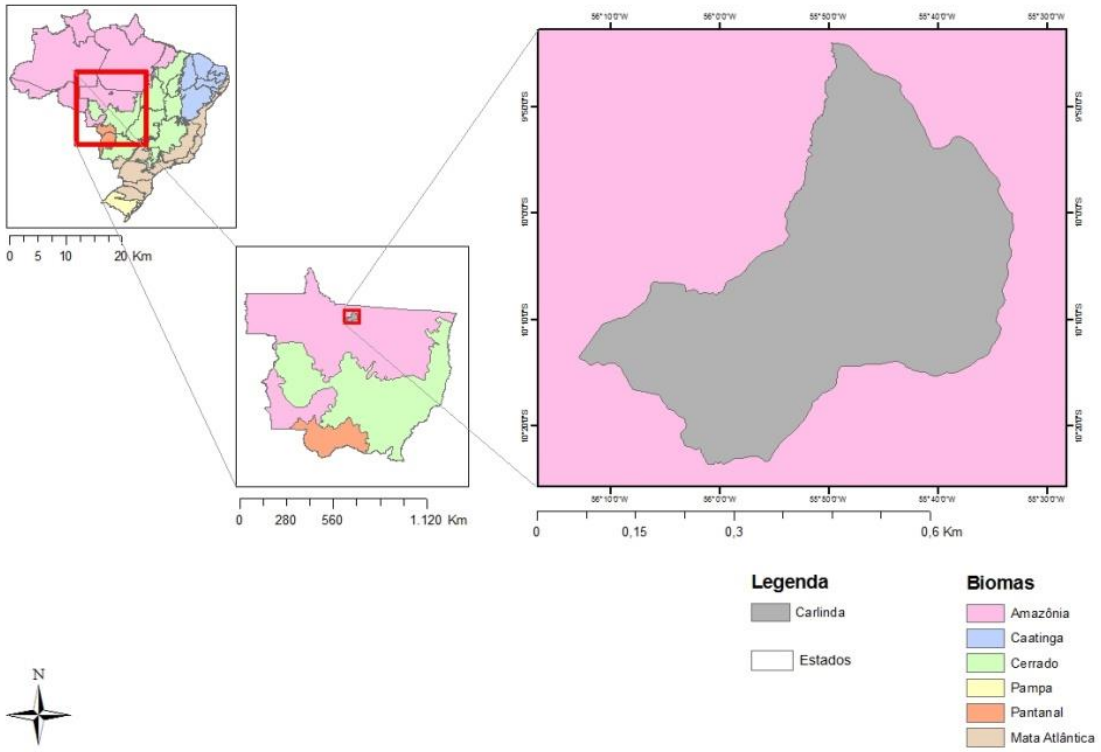


Figura 1 – Localização e Bioma da área de estudo

O município conforme a classificação climática de Köppen é do tipo Aw, com a estação chuvosa compreendida entre os meses de dezembro a março e a estação seca compreendida entre os meses de junho a setembro, com precipitação média anual de 2.750 e temperaturas altas (IBGE-2007). A vegetação do município de Carlinda é típica do bioma Amazônico constituída de Floresta Ombrófila e predominantemente de Floresta Estacional (IBGE, 2010) (Figura 2).

A área de estudo faz parte do Planalto Apiacás-Sucurundi e da depressão Interplanáltica Amazônica Meridional, formado por depósitos sedimentares. Apresenta várias serras em forma de cristas geomorfológicas que servem como divisores de água, posicionando-se entre 200 e 300m de altitude (FARID, 1992).

O solo predominante no município é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófilo e Podzólico Vermelhor-Amarelo Distrófico, caracterizados por baixa e média fertilidade desprovidos de macro e de micro nutrientes, com baixos teores de

fósforo e médio teor de potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica (Bennema & Camargo, 1964).

Na região norte mato-grossense as principais atividades econômicas são: exploração de madeira, pecuária, cultura de arroz e extração de ouro. A região apresenta diversos problemas ambientais como o desmatamento, a erosão, o uso intensivo de agrotóxicos, compactação do solo, mineração, garimpo, poluição por resíduos sólidos, queimadas entre outros (MICOL, ANDRADE E BORNER, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aquisição das Imagens Temporais

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite *Land Remote Sensing Satellite* 5 (Landsat-5). A imagem TM-Landsat-5 é constituída por sete bandas com diferentes intervalos espectrais, caracterizadas por serem largas e de forma descontínua (**Tabela 1**). A resolução temporal é de 16 dias e a resolução espacial é de 30 metros (bandas 1, 2, 3, 4 ,5, e 7) e de 120 metros (banda 6 termal).

Tabela 1 – intervalo espectral das bandas do sensor TM-Landsat-5

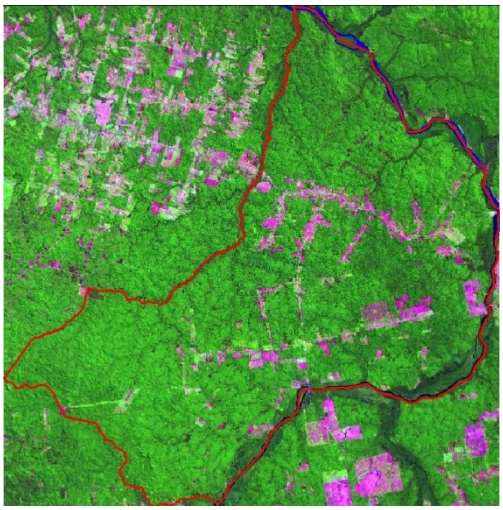
BANDA	INTERVALO ESPECTRAL (µm)
1	0,45 – 0,52
2	0,52 – 0,60
3	0,63 - 0,69
4	0,76 – 0,90
5	1,55 – 1,75
6	10,4 – 12,5
7	2,08 – 2,35

As imagens da área de estudo são relativas à órbita-ponto 227/067 e foram adquiridas no sítio do INPE[1]. A seleção das imagens considerou um intervalo de cinco anos em uma mesma época do ano, de forma a minimizar os efeitos das variações sazonais da vegetação e atividades agrícolas (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Datas das imagens adquiridas da área de estudo.

Nº IMAGENS	**DATA**
1º	11/06/1986
2º	29/07/1991
3º	24/07/1996
4º	03/05/2001
5º	05/08/2006
6º	03/08/2011

[1] http://www.dgi.inpe.br/CDSR/,



a)

b)

c)

d)

e)

f)

Figura 3 – Composição colorida RGB/TM543 referente às datas de análise temporal: (a) 11/06/1986, (b) 29/07/1991, (c) 24/07/1996, (d) 03/05/2001, (e) 05/08/2006, (f) 03/08/2011. A delimitação municipal está demarcada de vermelho.

3.2. Pré-Processamento

3.2.1 - Conversão de Número Digital para a Reflectância

Para efetuar comparações de imagens com datas diferentes torna-se necessário corrigir as interferências provenientes das condições vigentes durante a aquisição da cena (Carvalho et al. 2002). A conversão de número digital para a reflectância aparente permite compensar as diferenças quanto à irradiância solar no topo da atmosfera e o ângulo de incidência da radiação sobre o alvo, no momento da aquisição da imagem (Nelson, 1985; Bentz, 1990). Assim este procedimento favorece a realização de comparações entre espectros de imagens com datas diferentes.

Neste trabalho a conversão dos números digitais para reflectância aparente foi realizada usando o programa ENVI, versão 4.7,ano de fabricação 2009, desenvolvido por ITT Visual Information Solution. Este método utiliza os seguintes parâmetros de entrada: informações do sensor antes do lançamento, a data da imagem e o ângulo de elevação solar.

3.2.2. - Georreferenciamento das imagens

A análise multitemporal requer alta exatidão geométrica entre as imagens temporais. As imagens devem ser sobrepostas dentro de um erro médio quadrático de 0,2 pixels, para atingir um erro de apenas 10% (Dai & Khorram, 1998; Townshend et al., 1992). Erros maiores podem acarretar interpretações equivocadas sobre as mudanças no uso e cobertura da terra.

O processo de georreferenciamento foi realizado no programa ENVI, utilizando como base uma imagem georreferenciada e ortorretificada do ano de 2001, adquirida no sítio da NASA[2]. No registro foram selecionados quarenta pontos

---

[2] http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/

em todos os anos. As imagens multitemporais foram recortadas conforme a área do município em estudo.

3.3. Detecção de Mudanças

No presente trabalho foi utilizado o método de detecção de mudança a partir de medidas espectrais proposto por Carvalho Júnior et al. (2010). Entre as medidas espectrais disponíveis foi utilizada a medida de similaridade SCM (Spectral Correlation Mapper), proposta por Carvalho & Meneses (2000). Este método é baseado no coeficiente de correlação de Pearson, apresentando imagens composta por pixels classificados com valores que variam de -1 até 1, sendo maior a correlação quando mais próxima de 1 e menor quando mais próxima de -1. O método SCM é um índice de similaridade que tem sido usado para a identificação de tipos de vegetação a partir de imagens multiespectrais (Bruce et al., 2007). Este classificador se torna mais vantajoso do que o SAM (Spectral Angle Mapper), devido à melhor capacidade de detecção de correlação negativa e melhor ajuste na presença de mistura espectral. O algoritmo utilizado SCM_{CD} (Spectral Correlation Mapper – Change Detection) realiza a comparação entre espectros temporais de mesma posição geográfica. Para executar a classificação das imagens, foi utilizado o programa Abílio, Processamento Digital de Imagens versão 2009.3.1.5, desenvolvido pelo Prof. Dr. Osmar Abílio de C.Jr. e Prof. DR. Nilton Correia da Silva.

4 - RESULTADOS

Na detecção de mudança foram utilizados pares de imagens. A imagem que marca o início deste estudo é datada de 1986 e a que o finaliza é de 2011. As imagens complementares são dos anos de 1991, 1996, 2001 e 2006. Ao total serão seis períodos analisados que ao final irá detectar as mudanças de uso do solo.

As imagens foram classificadas em duas classes: área inalterada e área com mudança. O intervalo de valores SCM referente a mudança é de -1 a 0.6900 e para representar as áreas inalteradas foi de 0.6901 a 1.

No período entre 1986 a 1991 foi possível concluir que 91,35% da área do município se mantiveram inalteradas, representando 2.186.027 km², enquanto 8.65% da área municipal, totalizando 206.997 km², sofreram algum tipo de alteração (Figura 4).

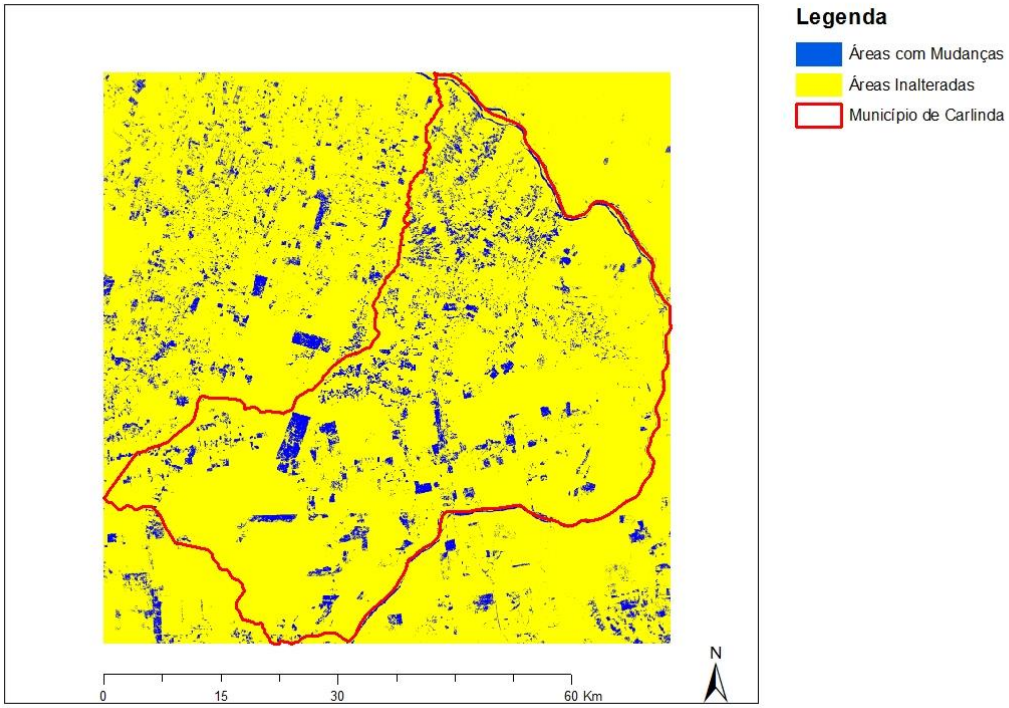


Figura 4 – Imagem da detecção de mudança entre as datas 11/06/1986 e 29/07/1991 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

O próximo período analisado foi do ano de 1991 a 1996. A figura 5 apresenta a imagem de detecção de mudança. A partir da análise da imagem gerada pelo método de classificação e dos dados estatísticos alcançados, foi possível verificar que a quantidade de mudanças ocorridas neste período foi relativamente parecida com o anteriormente estudado. Desta vez o percentual de áreas que se mantiveram com as mesmas características foi de aproximadamente 92,31% da área do município, representando assim aproximadamente 2.209.000

Km², enquanto que a área atingida por algum tipo de alteração representa 184.024 Km², representando 7,69% da área do município de Carlinda.

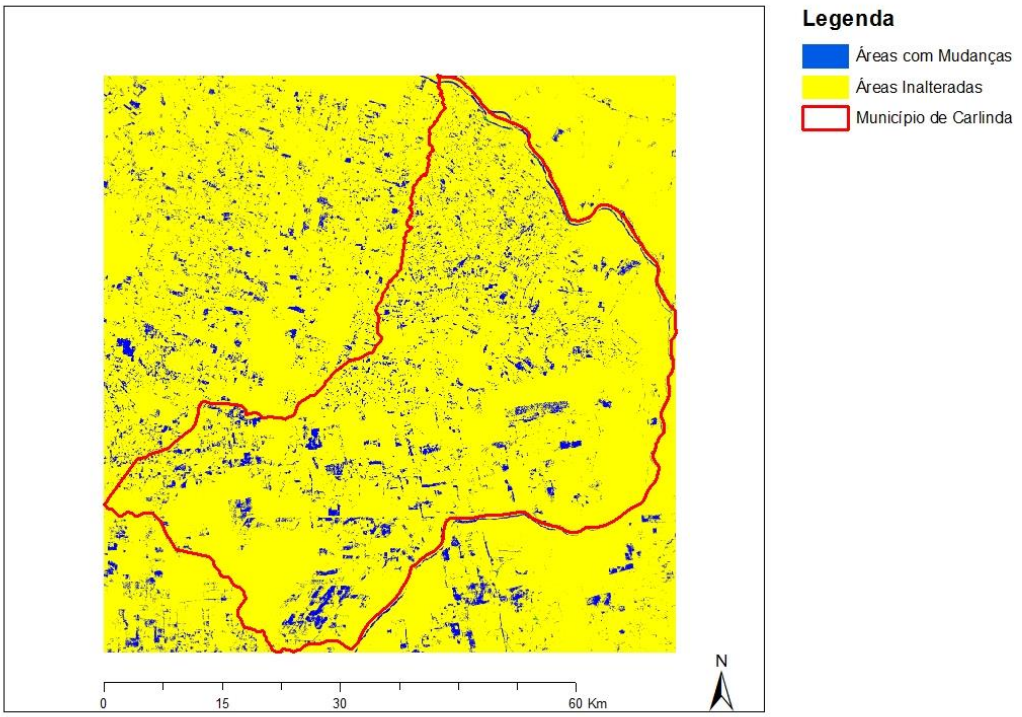


Figura 5 – Imagem da detecção de mudança entre as datas 29/07/1991 a 24/07/1996 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

Entre 24/07/1996 e 03/05/2001 foi evidenciada uma elevada taxa de mudança ocorrida neste período no município, que diferencia-se do comportamento ocorrido nos períodos anteriores (Figura 6). Verificou-se que 51,76% da área municipal sofreram modificação, representando aproximadamente 1.238.629 Km². Já a área que se manteve sem alteração, desta vez, apresentou um percentual comparado ao de 48,24%, representando 1.154.395 Km².

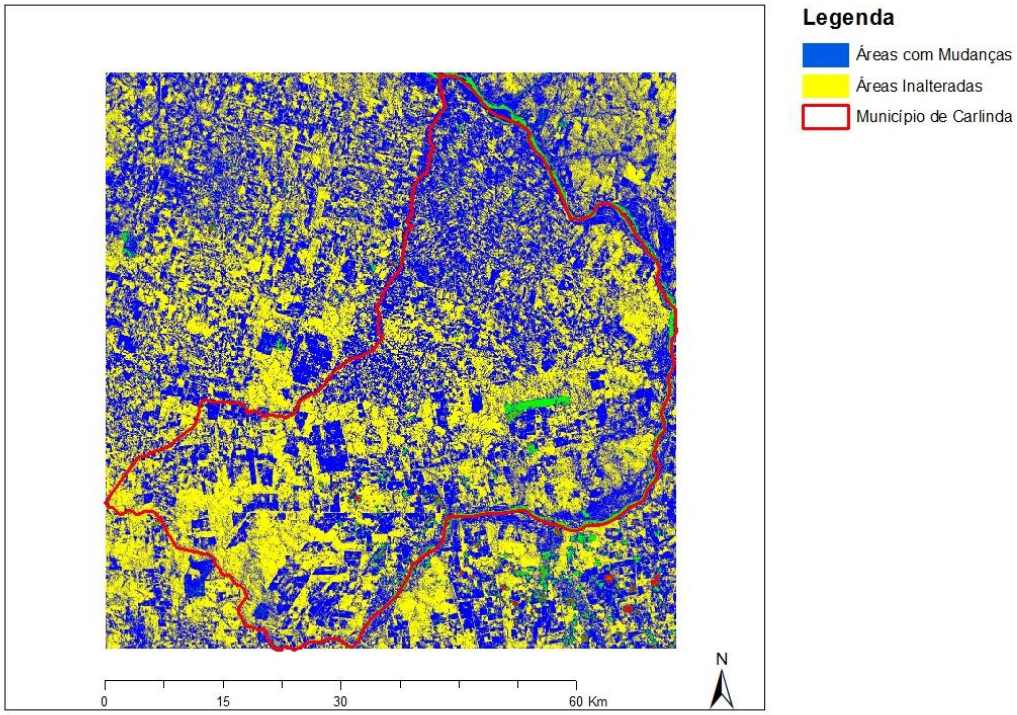


Figura 6 – Imagem da detecção de mudança entre as datas 24/07/1996 a 03/05/2001 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

Os dados obtidos coadunam com os índices de queimada ocorrentes no norte do estado do Mato Grosso, que aumentaram partir do ano de 1996 até 2002 (Figura 7). O gráfico a seguir quantifica o número de focos de calor ocorrentes no estado do Mato Grosso a partir do ano de 1996 até 2002, subdividindo o Estado em mesorregiões Norte, Nordeste, Sudoeste, Centro Sul e Sudeste.[3]

[3] http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000400009, em 01/07/13, às 22:05h.

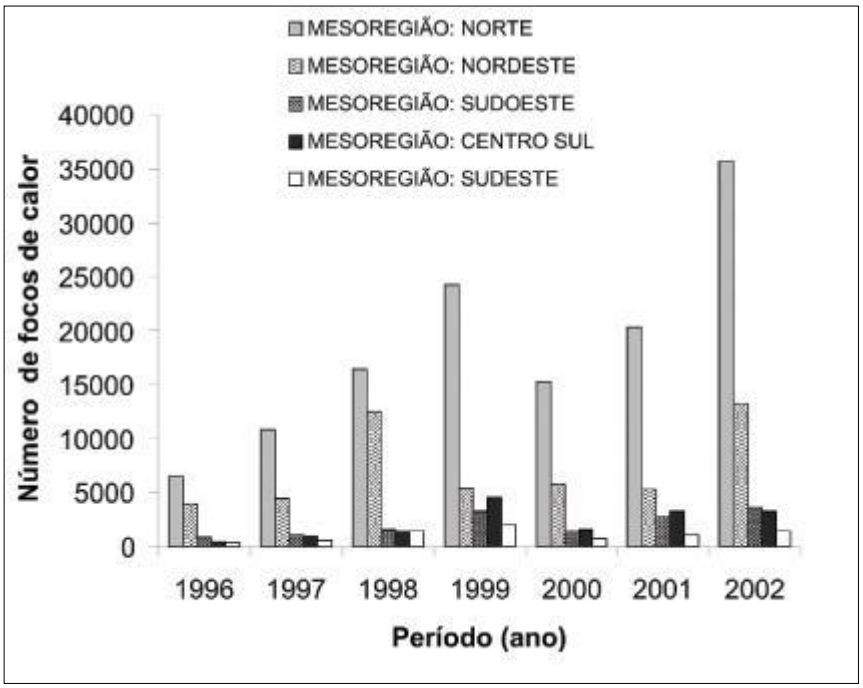


Figura 7. Gráfico[4] de foco de calor no período de 1996 a 2002. Fonte: Adaptado de FEMA/COGEO/INPE (2003).

O quarto período analisado foi do ano de 2001 a 2006.

A Figura 8 representa as mudanças entre 03/05/2001 e 05/08/2006. Verifica-se neste período, um comportamento distinto em relação ao período imediatamente anterior, com a diminuição da quantidade de áreas que sofreram mudanças do uso do solo. Porém, se comparado com os dois primeiros períodos, o índice continua elevado. Nesta classificação foi possível detectar aproximadamente 70,32% de áreas com a coloração amarela, indicando que não ocorreram mudanças significativas, representando aproximadamente 1.682.774 Km² da área do município. Por outro lado, a área modificada passou a ser representada por cerca 710.250 Km², totalizando 29,68%.

[4] http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000400009, em 01/07/13, às 22:05h.

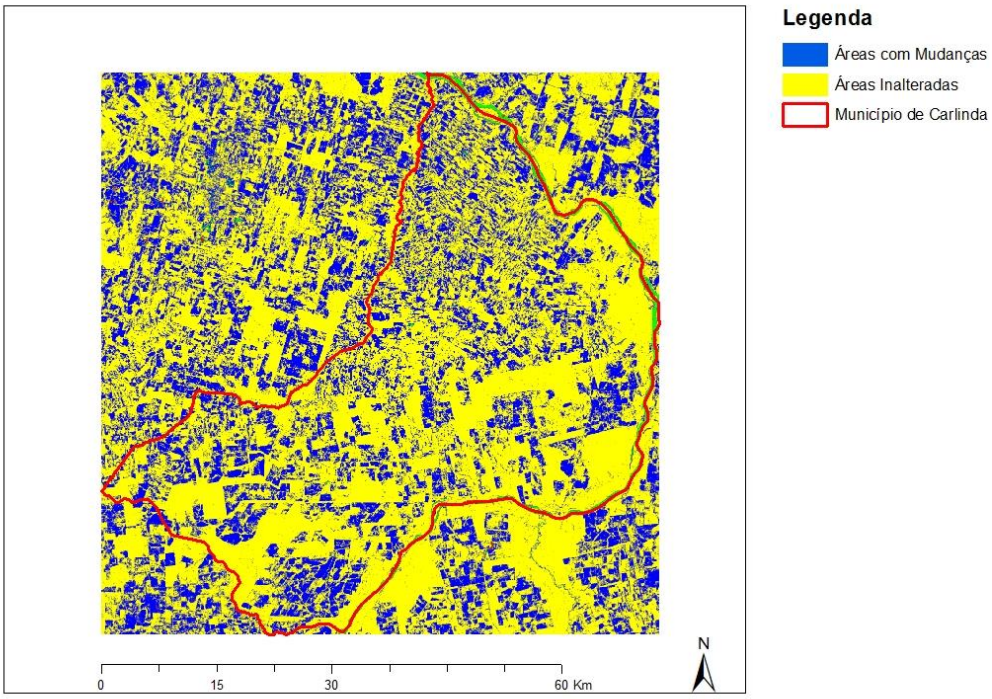


Figura 8 – Imagem da detecção de mudança entre as datas de 03/05/2001 a 05/08/2006 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

O quinto período estudado foi entre as datas 05/08/2006 a 03/08/2011. Neste período foi possível perceber que as mudanças detectadas diminuíram consideravelmente, se comparadas com qualquer um dos períodos estudados anteriormente. Foi possível também, concluir que as alterações ocorreram, em sua maioria, nos limites das vegetações existentes. Com isso as alterações deste período representaram somente 33.024 Km², aproximadamente 1,38% do município. Já a área que não sofreu alteração representa 2.360.000 Km², cerca 98,62%. A Figura 9 apresenta a imagem classificada organizada neste período.

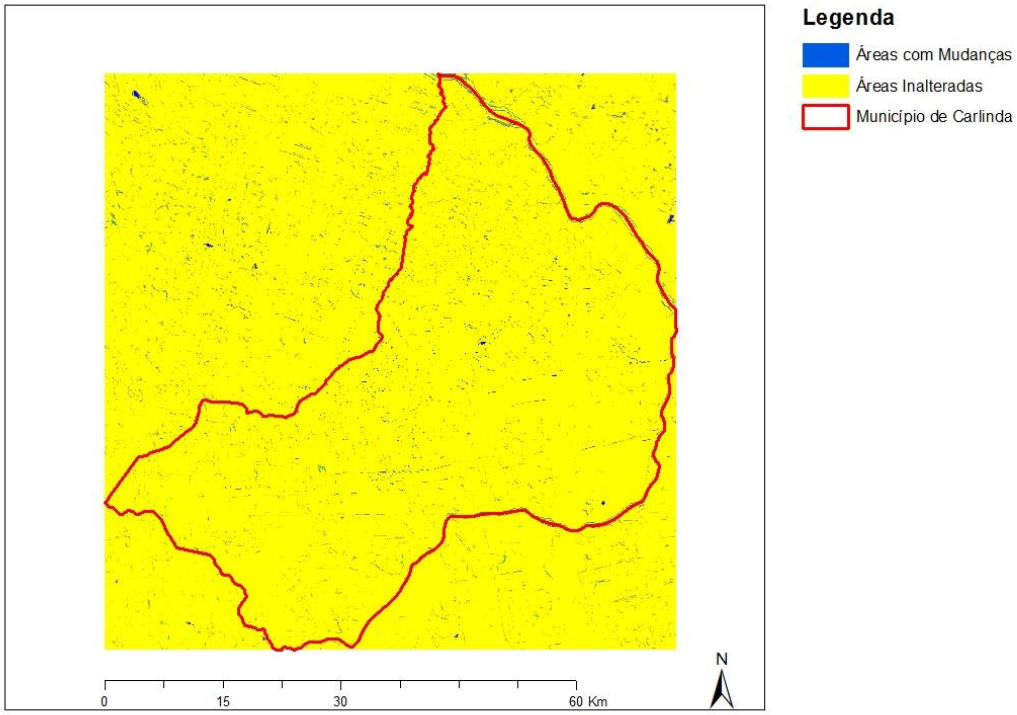


Figura 9 – Imagem da detecção de mudança entre as datas de 05/08/2006 a 03/08/2011 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

Neste período foi possível perceber que as mudanças detectadas diminuíram consideravelmente, se comparadas com qualquer um dos períodos estudados anteriormente. Foi possível também, concluir que as alterações ocorreram, em sua maioria, nos limites das vegetações existentes. Com isso as alterações deste período representaram somente 33.024 Km², aproximadamente 1,38% do município. Já a área que não sofreu alteração representa 2.360.000 Km², cerca 98,62%.

Por último, foi realizada uma análise comparando as imagens que marcam o início e o fim destas séries, ou seja, com as imagens dos anos de 1986 e de 2011 (Figura 10). O objetivo desta análise foi mostrar o uso do solo no município de Carlinda, presente em 2011, influenciado pelos mais diversos comportamentos de produção de espaço no decorrer dos anos objetos deste estudo, em relação ao ano de 1986, quando a ação antrópica não tinha participação expressiva.

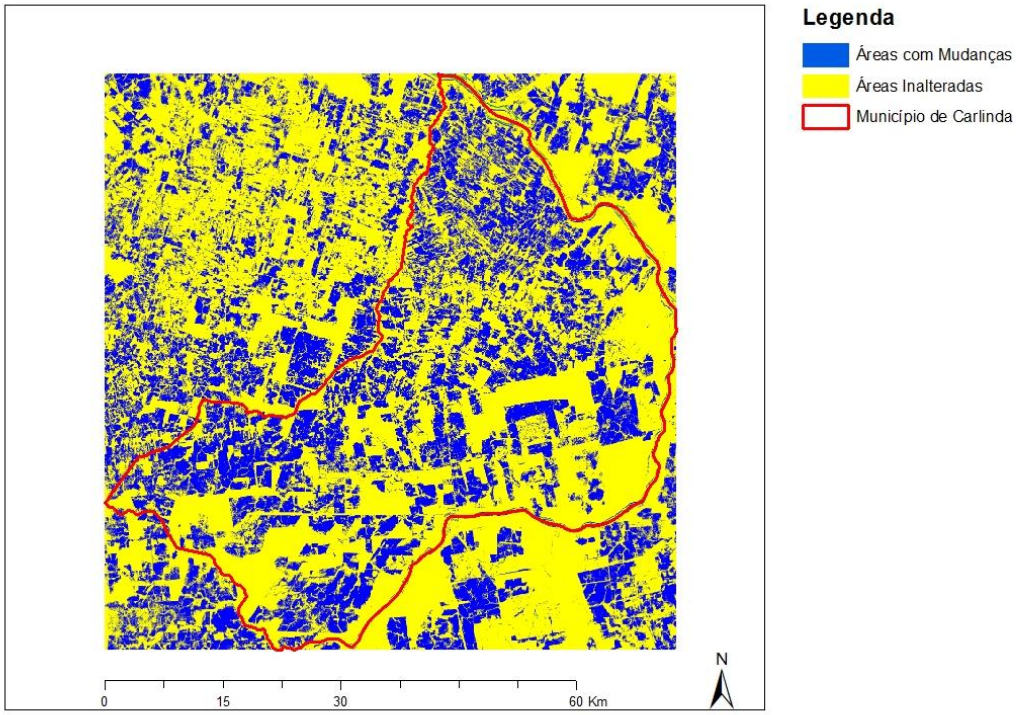


Figura 10 – Imagem da detecção de mudança entre as datas de 11/06/1986 a 03/08/2011 utilizando o algoritmo SCM_{CD}.

Por meio desta classificação foi possível observar que 62,44% desta imagem são áreas que não sofreram alteração. Este percentual representa 1.494.204 km² deste município. Por outro lado, o percentual obtido das áreas que sofreram mudanças é de 34,56%, representando 898.820 Km².

5 - CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se descrever procedimentos de técnicas de processamento de imagens usadas em satélite TM/Landsat, a fim de extrair informações a respeito do comportamento da dinâmica do solo. Teve por objetivo detectar as mudanças ocorridas em função do uso do solo, ao longo de um período específico. Não se pretendeu, porém, finalizar as análises com a identificação das imagens classificadas, que num estudo futuro se prestarão à quantificação e validação do método utilizado com técnicas manuais que as comparem e as destaquem do universo espacial.

A partir da análise do gráfico (figura 7), foi possível concluir que o aumento dos focos de incêndio nesta região tem elevada probabilidade de ter influenciado na repentina mudança no solo ocorrida neste período de tempo.

Os resultados obtidos por meio da classificação foram satisfatórios, pois permitiram identificar as áreas que se modificaram e aquelas que se mantiveram com as mesmas características e, a partir disto, gerar dados estatísticos que representam o total destas áreas.

A técnica SCM utilizada para detecção de mudança mostrou-se eficaz uma vez que é de baixo custo no que se refere à aplicabilidade dos equipamentos e do material estudado. Apresenta, também, vantagem de identificar espectros iguais ainda que a imagem apresente diferença de iluminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. *Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura*. EMBRAPA, 2ª ed. Brasília,1998.

Alencar, A.A.C.; Vieira, I.C.G.; Nepstad, D.C.; Lefebvre, P. Análise multitemporal do uso do solo e mudanças da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 1996.
Anais: São José dos Campos: INPE, 1996.

Bennema , J. & CAMARGO, M.N. Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1964. 17p; (mineogr.).

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação**. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 16.Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.42>. Acesso em: 01 jul 2013.

CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; GILLESPIE, A.R.; SILVA, N.C.; GOMES, R.A.T. *A new approach to change vector analysis using distance and similarity measures*. **Remote Sens**. v. 3, p. 2473–2493, 2011.

CARVALHO, A. P. F.; CARVALHO JÚNIOR, A. O.; GUIMARÃES, R.F.; MARTINS, E.S.; ROCHA, V.M.S.; CÉSAR, C.S. *Análise multitemporal de imagens NDVI em ações de reforma agrária.* **Espaço & Geografia**, v. 5, n. 1, p. 139-152, 2002.

CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de et al. *Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros*. **Rev. Bras. Geof.** [online]. 2008, vol.26, n.4, pp. 505-517. ISSN 0102-261X.

COLWELL, J.E. *Vegetation canopy reflectance*. **Remote Sensing of Environment**, v. 3, n. 3, p. 175-183, 1974.

CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: UNICAMP, 1992.170 p.

DAI, X.; KHORRAM, S. *The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection*. IEEE Trans. Geosci. Remote. Sens. v. 36, p. 1566-1577, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE – **Estimativas –Contagem da população 2007**. Rio de Janeiro: 2007. 311p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE - **Mapas Interativos.** 2013. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/mapas/>. Acesso em 02 jul. 2013.

LUCHIARI, A.. **Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do sensoriamento remoto em Geografia**. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L.S.; LUCHIARI, A. (Orgs.). América Latina: sociedade e meio ambiente. 1.ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008. Série Por uma Geografia Latino-americana.

MACLEOD, D. R.; CONGALTON, R. G. *A quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data*. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 64, n3, p. 207-216, Mar. 1998.

MICOL, L., ANDRADE, J. E BORNER, J, 2008: Redução das emissões do desmatamento e da degradação florestal (REDD): potencial da aplicação no estado do Mato Grosso. Instituto Centro de Vida. Cuiabá: Editora EGM, 92 p.

NELSON, R. F., 1985, *Reducing Landsat MSS scene variability*. Photogrammetric Engineering of Remote Sensing, 51 (5): 583-593.

PEREIRA, M.N.; KURKDJAN, M. L. N. O.; PINTO, S. A F. *Técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento para Mapeamento e Análise do Uso da Terra.*São José dos Campos: INPE 1994, 19 pg. (INPE – 5566 – RPQ/666).

SINGH, *A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data*. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 6, p. 989-1003, 1989.

TOWNSHEND, J.R.G.; JUSTICE, C.O.; GURNEY, C.; MCMANUS, J. *The impact of misregistration on change detection.* IEEE Trans. Geosci. Remote. Sens. v. 30, p. 1054-1060, 1992.

TURNER II, B.L.; MEYER, W.B. *Global Land Use and Land Cover Change: An Overview."* In **Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective**, eds. W.B. Meyer and B.L. Turner II, 3-10. Cambridge: Cambridge University Press. 1994.