

Mapas de variabilidade temporal do uso e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) para utilização em modelos meteorológicos.

Rita Marcia da Silva Pinto¹,
Vitor Celso Carvalho²,
Regina Célia dos Santos Alvalá¹.

¹CPTEC-INPE. Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos – SP, Brasil
{rita.marcia, regina.alvala}@cptec.inpe.br

²DSR-INPE. Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP
vitor@dsr.inpe.br

Abstract: This work is in the effort of Vegetation Project (PROVEG) of the Center for Weather Forecasts and Climate Studies (CPTEC), at the National Institute for Space Research (INPE). PROVEG main objective is the elaboration of updated land cover maps for the entire Brazilian territory using digital images and its application in meteorological modeling and subsequent improvements in weather and climate simulation in different Brazilian regions.

Considering the importance of desertification process in some areas in Brazilian Northeast, Irauçuba (CE), a desertification nucleus, was chosen to evaluate this in development mapping methodology. A series of 4 Landsat MSS, TM and ETM+ digital images, one NASA/GEOCOVER digital mosaic and RADAMBRASIL map (1:1.000.000) were integrated and interpreted in a Geocoded database to generate 4 thematic maps. Here we present the resulting land use and land cover maps of the last 30 years of land occupation and vegetation degradation.

Palavras-chave: climatic modeling, land use and land cover, Irauçuba (CE), modelagem climática, uso e cobertura da terra, Irauçuba (CE).

1. Introdução

Tem sido enfatizado por diversos autores, entre eles Wilson e Henderson-Sellers (1985), Hall et al. (1995), Sud et al. (1996), DeFries et al. (1999) e Champeaux et al. (2000), que a representação inadequada ou insuficiente da superfície continental nos modelos meteorológicos pode ter impacto negativo sobre as previsões de tempo e de clima. Neste contexto, o CPTEC vem envidando esforços, através do escopo do Projeto de Vegetação (PROVEG), para representar, de forma mais realista possível, os usos e cobertura vegetal dos diversos biomas integrantes do território brasileiro, visando a utilização dos mapas em esquemas de superfícies acoplados aos modelos meteorológicos para simulações climáticas regionais. No contexto da modelagem meteorológica, Correia (2005) e Correia et al. (2008) utilizaram o mapa atualizado de vegetação da Amazônia Legal em simulações com os modelos global (CPTEC/SSiB) e regional (ETA/SSiB) a fim de verificar quais são os impactos das mudanças atuais e futuras (em 2033 e considerando desmatamento total) no uso da terra na região amazônica brasileira. Souza (2006), avaliou os impactos climáticos regionais na região Nordeste do Brasil devido a mudanças de vegetação, através de simulações numéricas de longo prazo com o modelo regional Eta/SSiB do CPTEC/INPE, no qual se incluíram modificações para operar em modo climático.

Como destacado por Souza et al. (2001), o semi-árido brasileiro apresenta características peculiares em relação a outras regiões do país, tais como: variabilidade interanual da precipitação, devido à influência de fenômenos de grande escala resultantes da interação entre a atmosfera e os oceanos tropicais; concentração de precipitação em períodos de 2-5 meses, com alto grau de variabilidade espacial e temporal em suas meso-regiões; peculiaridades

geológicas do semi-árido, com áreas extensas com recobrimento do cristalino, às vezes aflorando à superfície; em que os solos possuem baixa capacidade de armazenamento de água. Devido aos fatores mencionados, a região vem sofrendo o processo de desertificação que, segundo a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CCD), consiste na “degradação de terras nas regiões semi-áridas e sub-úmidas secas, resultantes de atividades humanas e variações climáticas”. As causas deste processo de desertificação do semi-árido brasileiro, além de estarem relacionadas às condições climáticas desfavoráveis e a sua localização sob o clima tropical com baixos valores pluviométricos, estão associadas ao uso inadequado dos recursos naturais (desmatamento) e as práticas inapropriadas do uso do solo (sobrepastoreio e cultivo excessivo), que causam perda da cobertura vegetal nativa, propiciando a presença de uma cobertura invasora acarretando redução na biodiversidade local; e a perda do solo devido a erosão ou a salinização e alcalinização e diminuição da fertilidade. Segundo o Ministério do Meio Ambiente as áreas mais críticas estão localizadas no sertão nordestino, e são identificadas como os núcleos de desertificação de Irauçuba (CE), Cabrobó (PE), Seridó (RN) e Gilbués (PI), totalizando aproximadamente 19 mil km². Portanto, pode-se concluir que a área em processo de desertificação não é desprezível, o que justifica estudos de mapeamento destas áreas, com vistas a subsidiar estudos de modelagem climática regional, para avaliação da degradação ambiental. Em particular ao NEB, a redução da precipitação anual tende a agravar o clima semi-árido da região, o que acarreta problemas sócio-econômicos ainda maiores, uma vez que a população vive principalmente da agricultura de subsistência. Num primeiro esforço, estão sendo mapeados os núcleos de desertificação de Gilbués-PI, e de Irauçuba(CE). Portanto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o primeiro núcleo mapeado, isto é, o estudo sobre a variabilidade temporal dos usos e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE), através da utilização de imagens de satélite Landsat das décadas de 70, 80, 90 e 2000.

2. Área de Estudo

O Núcleo de desertificação de Irauçuba abrange os municípios de Sobral, Irauçuba e Forquilha, situados entre as latitudes 3° 30' e 4° 15' Sul e longitudes 39° 31' e 40° 31' Oeste, totalizando uma área de aproximadamente 4099,22 Km².

O tipo climático predominante é o tropical quente semi-árido, com temperaturas médias anuais de 26,3 °C e pluviometria de 530 mm. Do ponto de vista climático, Irauçuba constitui-se em um dos pólos de maior aridez do semi-árido brasileiro. Trata-se de uma região que, além da aridez condicionada pelos sistemas regionais da circulação atmosférica, a localização a sotavento do Maciço de Uruburetama contribui para o aumento dessas condições de aridez. Associada a essas condições de baixas precipitações e elevadas temperaturas está a alta variabilidade interanual das chuvas e a sua irregular distribuição espacial (Sales2003).

O substrato geológico da região de Irauçuba é bastante complexo, apresentando grande variabilidade litológica associada a embasamentos cristalinos do pré-cambriano e terrenos sedimentares de diferentes idades. O relevo compreende áreas da depressão sertaneja, maciços residuais e planícies fluviais. Os solos, como em todo o sertão, apresentam uma grande diversidade de tipos; porém, nos setores de maior erosão predominam os planossolos intercalados com neossolos litólicos ocupando os setores mais rebaixados, em cotas de altitudes inferiores a 200 metros, constituindo-se em uma unidade morfoopedológica individualizada pela ocorrência de relevo plano ou suavemente ondulado, sujeito a inundações periódicas. A impermeabilidade dos horizontes subsuperficiais desses solos (planossolos) dificulta a drenagem, favorecendo a permanência de água na superfície e a instalação de um tapete herbáceo-graminóide formando extensas áreas de campos na estação das chuvas e a exposição completa dos solos no período de estiagem, quando a vegetação é submetida ao sobrepastoreio. Nesta situação, levantamentos baseados em sensores remotos oferecem como

resposta espectral um alto índice de refletância, indicando que, no período de estiagem, há completa exposição dos solos (Sales, 2003).

A população, na sua maioria, apresenta baixa renda e, para suprir as suas necessidades, recorre a uma agropecuária de subsistência, numa área onde os solos, como já mencionado, em sua maioria são rasos e a disponibilidade de água insuficiente, conseqüência do baixo regime pluviométrico e da elevada taxa de evapotranspiração. Na lavoura, os principais produtos cultivados são o arroz, a banana, o feijão, a mandioca e o milho e, na pecuária, extensiva, há a criação de bovino, suíno, muar, ovino e caprino. Outra forma de renda é através do extrativismo vegetal, com consequente desmatamento da vegetação nativa para a produção de carvão vegetal e lenha (Nolêto, 2005).

3. Materiais e métodos

Para a realização do trabalho foram utilizados os seguintes materiais e software:

- Imagens Landsat, MSS 1, TM5 e ETM⁺7 conforme detalhados na Tabela 1.

Tabela 1: Informações das imagens utilizadas

Década	Data	Órbita / Ponto	Resolução espacial	Projeção
70	07/07/1979	233-63 234-62 234-63	30 m	UTM / WGS84
80	25/06/1985 13/08/1988	217-63 218-62 218-63	30 m	UTM / WGS84
90	Mosaico de imagens - 1999 a 2000	217-63 218-62 218-63	30 m	UTM / WGS84
2000	09/05/2006 09/10/2006 27/11/2006	217-63 218-62 218-63	30 m	UTM / WGS84

- Imagem geocover, disponível gratuitamente no endereço <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
- Mosaico composto por cenas de imagens do Satélite Landsat do ano de 1999 – 2000, adquiridas pelo Projeto PROVEG/CPTEC;
- Mapas digitais de vegetação do Projeto RADAMBRASIL do ano de 1978 na escala de 1:1.000.000;
- Software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas)

Primeiramente foram adquiridas as imagens do satélite Landsat MSS1 do ano de 1976, posteriormente as do satélite Landsat TM5 e ETM+7 dos anos de 1988 e 2006 e o mosaico de imagens do ano de 1999. Os mosaicos foram gerados em um banco de dados SPRING. Foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 na composição colorida Blue (B), Red (R) e Green (G), que foram registradas tendo como referência o mosaico de imagens GeoCover. Para agilizar o processo de interpretação das imagens foi utilizado o classificador MAXVER, disponível no SPRING. Esse classificador vem do método estatístico de Máxima Verossimilhança, e consiste em uma classificação "pixel a pixel". Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa o suficiente, é necessário um número razoavelmente elevado de "pixels" para cada conjunto de treinamento. Neste trabalho foram criados e extraídos os seguintes temas referentes às classes de vegetação e uso do solo: caatinga, floresta perene,

floresta decídua, agropecuária, área urbana, estradas, solo nu e água. Após a definição das classes, realizou-se um treinamento para a coleta de amostras das classes correspondentes a cada tema criado. Dessa forma, visando uma classificação automática precisa, um número de aproximadamente vinte amostras foi selecionado para cada conjunto de alvos a serem retirados da imagem. Nos casos de dúvidas utilizou-se como “verdade terrestre” os mapas de vegetação do Projeto RADAMBRASIL, na escala de 1:1.000.000.

4. Resultados e Discussões

Como resultado do estudo obteve-se 4 mapas temáticos, com resolução de 30m e projeção UTM/WGS 84, da cobertura vegetal e uso da terra correspondente as décadas de 70, 80, 90 e 2000, conforme ilustra a Figura 1. A área de cada classe de mapeamento foi quantificada, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 1. É importante salientar que não houve trabalho de campo complementar para validação do processo de interpretação e quantificação; portanto, considerou-se o mapa de vegetação do RADAMBRASIL como “verdade terrestre”, conforme já mencionado anteriormente, embora este seja visivelmente limitado para uma quantificação no nível de observação dessas imagens orbitais. Semelhantermente, o mapa de uso e cobertura da terra elaborado no escopo do Projeto PROVEG - NEB do CPTEC/INPE, o qual foi auditado por especialista da área de sensoriamento remoto do INPE, também serviu como base para o mapeamento da área de estudo.

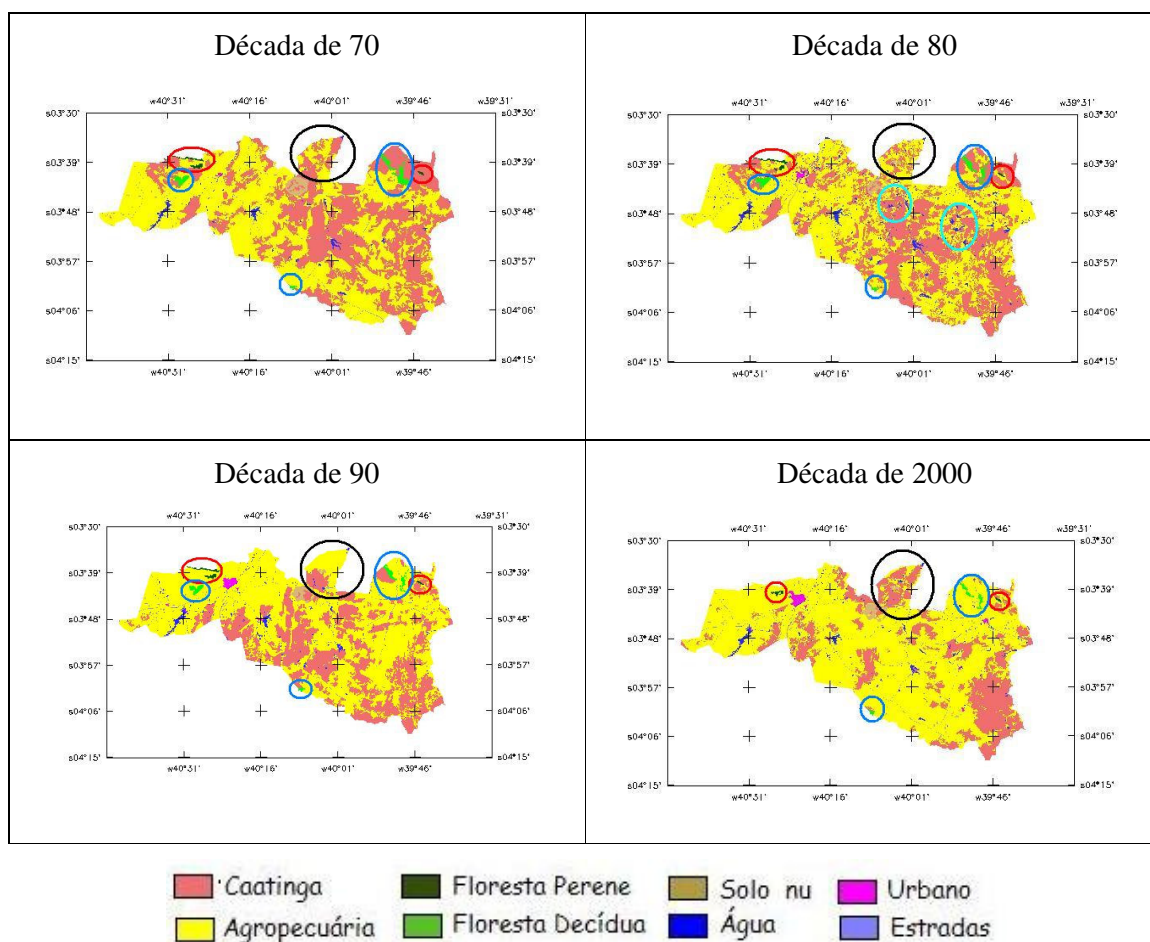


Figura 1 – Mapas gerados pelo Projeto PROVEG contendo a evolução da degradação ocorrida durante as décadas de 70, 80, 90 e 2000 no núcleo de desertificação de Irauçuba, CE.

Tabela 1: Cálculo de área das classes mapeadas (Km²)

Décadas \ Classes (km ²)	70	80	90	2000
Floresta Perene	10,72	10,28	10,00	5,42
Floresta Decídua	33,98	28,40	27,18	11,88
Caatinga	1692,17	1593,95	1271,45	888,74
Agropecuária	2270,13	2295,75	2647,46	3038,77
Solo nu	30,75	31,27	34,01	34,71
Estradas	29,28	34,14	38,44	46,20
Área urbana	1,57	7,84	17,32	21,86
Água	40,58	108,15	58,21	58,90

A análise dos resultados permite destacar:

1. A classe Floresta Perene localizada no setor NW da área (destacada por círculos em vermelho na Figura 1), vai diminuindo ao longo do período observado. O valor da década de 2000 ficou prejudicado pela presença de forte cobertura de nuvem no local, o que impediu seu mapeamento com precisão.

2. Semelhantemente à classe anterior, a da Floresta Decídua, que aparece na forma de manchas contínuas em três setores da área (NW, NE e Centro-Sul, destacadas por círculos azuis) diminui também ao longo do período. O valor quantitativo da década de 2000 fica novamente prejudicado pela mesma cobertura de nuvens observada no setor NW.

3. A mesma tendência de diminuição ao longo dos anos também é observada na classe da caatinga, que se distribuía irregularmente por toda a área de estudo até a década de 90 (1970 = 1693,32 km², 1980 = 1593,95 km², 1990 = 1271,53 km²). Na década seguinte (2000 = 888,74 km²) ocorre novamente uma redução abrupta, agora menos comprometida pela cobertura de nuvens no setor NW, quando restariam somente 21,68% da vegetação nativa da área. Nesta década, esta cobertura nativa se mantém sobretudo no setor SE, mostra uma forte redução na parte central da área e uma regeneração significativa na parte Centro-Norte (destacada pelos círculos em preto). Segundo Nolêto (2005), a maior causa da degradação é o desmatamento para a extração da madeira e o aumento das áreas de pastos, desprotegendo o solo e favorecendo os processos erosivos.

4. Num sentido contrário, e coerente com o movimento das classes anteriores, a classe Agropecuária, representada em amarelo, aumenta durante todo o período observado (1970 = 2271,36, 1980 = 2295,75, 1990 = 2648,65 km²) e por toda o núcleo de desertificação de Irauçuba, chegando a ocupar em 2006 uma área de 3038,77 km², correspondente a 74,13% da área total avaliada.

5. A classe Solo Nu, que em último caso pode ser confundida com áreas agrícolas em uso constante neste período de 30 anos (fato dificilmente verdadeiro para a região como um todo), também vem aumentando lentamente, o que poderia ser efetivamente atribuído a um processo de desertificação da área. No entanto, cabe as ressalvas anteriores quanto à precisão do mapeamento e quantificação, devido às coberturas de nuvens observadas.

6. Como a classe Agropecuária, as classes Estrada e Área Urbana aumentaram com o passar dos anos, em consequência do desenvolvimento agropecuário e populacional que ocorreu na região. Este fato, preliminarmente, poderia provocar um aumento da pressão antrópica e, conseqüentemente, agravar o quadro de desertificação local. Porém, outros fatores deveriam ser incorporados à análise para validar esta possibilidade.

7. Um comportamento particular foi observado com relação à classe Água, que apresentou um crescimento abrupto em área na década de 80, tendência mantida nas décadas

seguintes com bem menor intensidade. Este fato pode ser atribuído a um aumento na precipitação média anual observada nesta década, como mostrado por Rodriguez (2005). O autor analisou as médias anuais de precipitação, para determinar áreas sujeitas a desertificação na região Nordeste do Brasil, no período de 1974 a 2004, e constatou médias de precipitação mais elevadas para a década de 80 em relação aos demais períodos. Este aumento abrupto ocorreu principalmente no setor Centro-Leste da área, destacados pelos círculos na cor cyan na Figura 1.

5. Considerações Finais

Como consideração final, deve ser destacado que os valores absolutos de área apresentados não são precisos, em razão da persistente cobertura de nuvens localizada nas imagens utilizadas. Estas limitações não foram possíveis de serem eliminadas no trabalho. Para uma estimativa mais precisa, este cuidado deverá ser obrigatoriamente observado. Ressalta-se, ainda, a importância de se validar os mapas atuais obtidos, considerando levantamento de campo. Este será extremamente importante devido ao fato da área de estudo apresentar cobertura da terra que se caracteriza por sazonalidade, o que gera muitas dúvidas durante o processo de interpretação das imagens.

De modo mais geral, pode-se afirmar que a metodologia adotada para a realização do mapeamento mostrou-se eficiente na separabilidade de feições e de tipos de vegetação especificados nos modelos meteorológicos. O classificador automático MAXVER, por exemplo, um dos recursos disponibilizados no Spring para facilitar a interpretação de imagens digitais, possibilitou separar bem os alvos correspondentes à caatinga, agropecuária e água, o que implicou em diminuição no tempo de trabalho do foto-intérprete. A partir desta análise de dados temáticos foi possível acompanhar o processo de transformação de uso do espaço geográfico do núcleo de desertificação de Irauçuba. É importante ressaltar também a necessidade de se proteger as áreas florestais e de caatinga em processo de degradação constante, de modo a se promover a sua recuperação tendo em vista o já grave estado ambiental local.

Finalmente, no que concerne à modelagem meteorológica, os mapas obtidos serão de grande valia em esquemas de superfície acoplados a modelos meteorológicos de mesoescala, para simulações de tempo e de clima de sub-regiões do semi-árido, uma vez que representam de forma mais realista a variabilidade temporal e espacial da vegetação de uma importante região do país.

Referências

- Correia, F.W.S. **Modelagem do impacto de modificações da cobertura vegetal amazônica no clima regional**. 2005. 366 p. (INPE-14094-TDI/1077) Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2005.
- Correia, F. W. S.; Alvalá, R. C. S.; Manzi, A. O. Modeling the Impacts of Land Cover Change in Amazonian: A Regional Climate Model (RCM) Simulation Study. **Accepted to the Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3/4, p. 225-244, 2008.
- Champeaux, J. L. et al.; AVHRR-derived vegetation mapping over Western Europe for use in numerical weather prediction models. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6/7, p. 1183-1199, 2000.

- DeFries, R. S.; Towshend, J. R. G.; Hansen, M. C. Continuous fields of vegetation characteristics at the global scale at 1 km resolution. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, n. D14, p. 16,911-16,923, 1999.
- Hall, F. G.; Towshend, J. R.; Engman, E. T. Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. **Remote Sensing of Environment**, v. 51, p. 138-156, 1995.
- Nolêto, T.M.S.J. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral (CE) a desertificação**, 2005. 142 p. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- RADAMBRASIL - Folhas SA. 23/24 - Fortaleza - Brasil, MME, Levantamento de Recursos Naturais, Vol.21, 1981a. Folhas SB. 24/25 - Jaguaribe/Natal, Brasil, MME, Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 23, 1981b.
- Rodriguez, D.A.; Tomasella, J., Moraes Barbosa, E.:“Variability in the areal extension of sub-humid and semi-arid climatic regime over the Northeast Brazil”. In: First international symposium on climatology: Water climatology and environmental impact in semiarid regions – Fortaleza, Brazil - 2005
- Sales, M.C.L. **Estudos climáticos, morfopedológicos e fito-ecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba, Ceará**. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.
- Souza, S. S.; Tomasella, J.; Gracia, M. G.; Amorim, M. C.; Menezes, P. C. P.; Pinto, C. A. M.. O Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real na área de atuação da SUDENE – PROCLIMA. **Boletim da Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.1, p.15-24, 2001.
- Souza, S. S. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no semi-árido do Nordeste brasileiro**. 2006. 205 p. (INPE-14432-TDI/1131) Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.
- Sud, Y. C.; Yang, R.; Walker, G. K. Impact of in situ deforestation in Amazon on the regional climate: general circulation model simulation study. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, n. D3, p. 7095-7109, 1996.
- Wilson, M. F.; Henderson-Sellers, A. A global archive of land cover and soils data for use in general circulation climate models. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 119-143, 1985.