

INFLUÊNCIA DA MUDANÇA DA PAISAGEM AMAZÔNICA NO AUMENTO DA PRECIPITAÇÃO EM CRUZEIRO DO SUL, AC

Rafael Coll Delgado¹, Leonardo Paula de Souza², Ian Willian Rodrigues da Silva³, Clênia de Souza Pessôa⁴, Fábio Augusto Gomes⁵

1. Professor Pós Doutor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta-Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil (rafaelcolldelgado32@gmail.com)
2. Professor Mestre da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta - Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil
3. Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre Campus Floresta – Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil
4. Mestranda da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Botânica, Viçosa/MG – Brasil
5. Professor Doutor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta - Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

Este trabalho avaliou a dinâmica de uso e cobertura da terra entre os anos de 2005 e 2010 em área de abrangência de Cruzeiro do Sul, Acre. Para tanto, foram utilizadas imagens TM Landsat 5, utilizou-se o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) e o método de classificação não supervisionada por meio do algoritmo K-Means. Foi utilizada uma série histórica anual de precipitação (mm), de um período que compreendeu 30 anos (1971-2002), da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Os resultados mostram que no ano de 2006 mais de 72 mil hectares foram antropizados, porém, a partir de 2007 inicia-se um acentuado crescimento das áreas de regeneração da floresta. As áreas classificadas como áreas antropizadas abrangem cerca de 50.580,54 ha e 54.067,95 ha nos anos de 2008 e 2010, respectivamente. Os valores de precipitação anuais para Cruzeiro do Sul, AC apresentaram uma tendência positiva de 17,63 mm/ano (1971-1990) e alcançando um máximo de 30,48 mm/ano nos anos de 1993 a 2002. A temperatura da superfície estimada pelo algoritmo SEBAL para os anos de 2005 e 2010, apresentaram valores máximos de 42°C em áreas antropizadas e valores mínimos de 24°C em áreas de vegetação e água. Ainda que os resultados sejam em caráter preliminar, nota-se relevante alteração da paisagem da área de estudo ao longo dos anos analisados.

PALAVRAS CHAVE: Mudança da paisagem, classificação não supervisionada, precipitação, temperatura da superfície.

INFLUENCE OF THE AMAZON CHANGING LANDSCAPE OF RAINFALL INCREASE IN CRUZEIRO DO SUL, AC

ABSTRACT

This study evaluated the use dynamics and land cover between 2005 and 2010 in the coverage area of Cruzeiro do Sul. For this purpose, we used five Landsat TM images, we used the algorithm SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) and the method of unsupervised classification using the K-Means algorithm. We used a series of annual precipitation (mm), consisted of a 30 years period (1971-2002), the weather station INMET (National Institute of Meteorology). The results show that in 2006 more than 72 000 hectares were anthropogenic, but from 2007 began a sharp growth in areas of forest regeneration. The areas classified as disturbed areas covering approximately 50,580.54 ha and 54,067.95 ha in the years 2008 and 2010, respectively. The values of annual rainfall to the Cruzeiro do Sul, AC showed a positive trend of 17.63 mm / year (1971-1990) and reaching a maximum of 30.48 mm / year in the years 1993 to 2002. The surface temperature estimated by SEBAL algorithm for the years 2005 and 2010, showed maximum values of 42°C in disturbed areas and minimum values of 24°C in areas of vegetation and water. Although results are preliminary in character, there is significant change in the landscape of the study area over the years analyzed.

KEYWORDS: Change of scenery, unsupervised classification, precipitation, surface temperature.

INTRODUÇÃO

O município de Cruzeiro do Sul limita-se ao norte com o estado do Amazonas, ao sul com o município de Porto Walter, ao leste com o município de Tarauacá e a oeste com o município de Mâncio Lima, Rodrigues Alves e com a República do Peru. A cidade está distante aproximadamente 648 km da capital Rio Branco pela rodovia federal BR 364, e aproximadamente 250 km do município de Pucallpa no Peru, cujo acesso atual é somente por via aérea. É mantido um intercâmbio ativo de turistas entre essas duas cidades, influenciando o comércio local (IBAMA/MMA, 1998).

O levantamento de informações relacionadas ao uso e cobertura das terras em áreas é essencial, no sentido de manter o controle dos recursos naturais e assim planejar as atividades, a fim de assegurar a manutenção dos recursos e demais sistemas presentes em sua extensão. Os dados provenientes de imagens de satélites constituem excelentes ferramentas para a elaboração de mapas de áreas de risco, como também no auxílio a tomadas de decisões por parte de órgãos gestores (SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2006).

Segundo NOBRE *et al.*, (2007) as mudanças climáticas ocorridas na região amazônica são decorrentes de alterações do uso e cobertura da terra, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global. Impactos climáticos como o fenômeno El Niño e La Niña têm sido observados com maior frequência principalmente nas regiões Norte, Nordeste (secas durante o El Niño) e Sul do Brasil (secas durante La Niña e excesso de chuva e enchentes durante El Niño) (MARENGO, 2007b).

De acordo com OLIVEIRA *et al.*, (2006) nos grandes centros urbanos a alteração da natureza ocasionada pelo homem adquire grandes proporções. A

urbanização ocasiona a alteração do balanço de energia, tanto na faixa de ondas curtas, quanto na de emissão de radiação de ondas longas. Devido às construções e ao aumento na absorção de radiação, a cidade cria atmosferas específicas, alterando a camada limite, que varia de acordo com as condições meteorológicas locais. Essas alterações na camada de ar adjacente podem criar perturbações atmosféricas e aumentar a precipitação na forma de grãos de gelo, com diâmetro superior a 5 mm, geralmente associado a nuvens do tipo cumulonimbus.

Num recente estudo sobre variabilidade de chuvas no Estado do Acre, DUARTE (2006) mostrou que a chuva na cidade de Rio Branco, AC exhibe uma tendência positiva e uma posterior diminuição, expressando que: enquanto para 1970 a média diária das chuvas estava em torno de 4,5 mm/dia, no final dos anos 1980 e início dos anos 1990 esse valor alcançava um máximo próximo a 5,6 mm/dia.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivos principais: analisar espacialmente as áreas de água, vegetação e áreas antropizadas. Calcular a temperatura da superfície através do algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), e comparar a precipitação de Cruzeiro do Sul, AC com a mudança da paisagem.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde a um recorte do município de Cruzeiro do Sul, possui área total de 79.113,15 hectares e está localizada na Zona UTM 18S, no Estado do Acre (Figura 1). Essa área é caracterizada climaticamente pelas altas temperaturas e elevados índices pluviométricos.

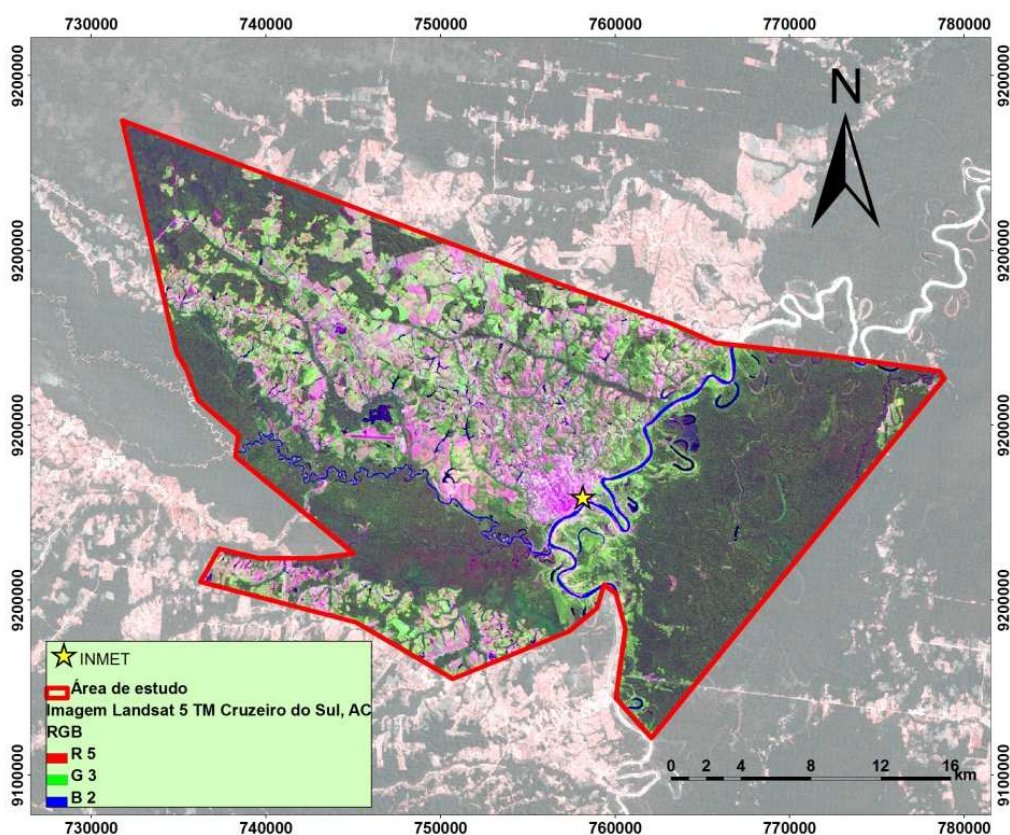


FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo e a estação do INMET.

Fonte: elaborado por Rafael Coll Delgado, abril de 2012.

Foram utilizadas imagens TM – Landsat 5 compostas por sete bandas espectrais, sendo seis bandas refletivas e uma banda termal. As imagens (anos de 2005 a 2010) foram adquiridas no catálogo eletrônico de imagens do Instituto Nacional de Meteorologia de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio de acesso ao link <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Para mapear as áreas de água, vegetação e áreas antropizadas foi utilizado o método de classificação não supervisionada por K-Means do programa ENVI 4.7. Este procedimento distribui classes espectrais de maneira uniforme no espaço para, em seguida, aglomerar classe por classe, em um processo iterativo (repetitivo). Para este trabalho foram definidas três classes e a semelhança de pixels com 24 interações. Procedeu-se a uma aferição visual entre as classes espectrais geradas e, no programa ArcGIS 9.3 foram gerados os mapas da classe água, vegetação e áreas antropizadas.

Para comparação entre a mudança da paisagem e a anomalia pluviométrica, foi utilizada uma série histórica anual de precipitação (mm), de um período que compreendeu 30 anos (1971-2002), da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Na obtenção da temperatura da superfície (T_s) foi utilizado o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), conforme proposto por BASTIAANSEN et al. (1998). Para a obtenção da T_s foi empregado o SEBAL utilizando-se como ferramenta a função *Model Maker* do ERDAS IMAGINE 10, a Figura 2 descreve as etapas metodológicas para obtenção dos mapas espaciais de temperatura da superfície para Cruzeiro do Sul, AC.

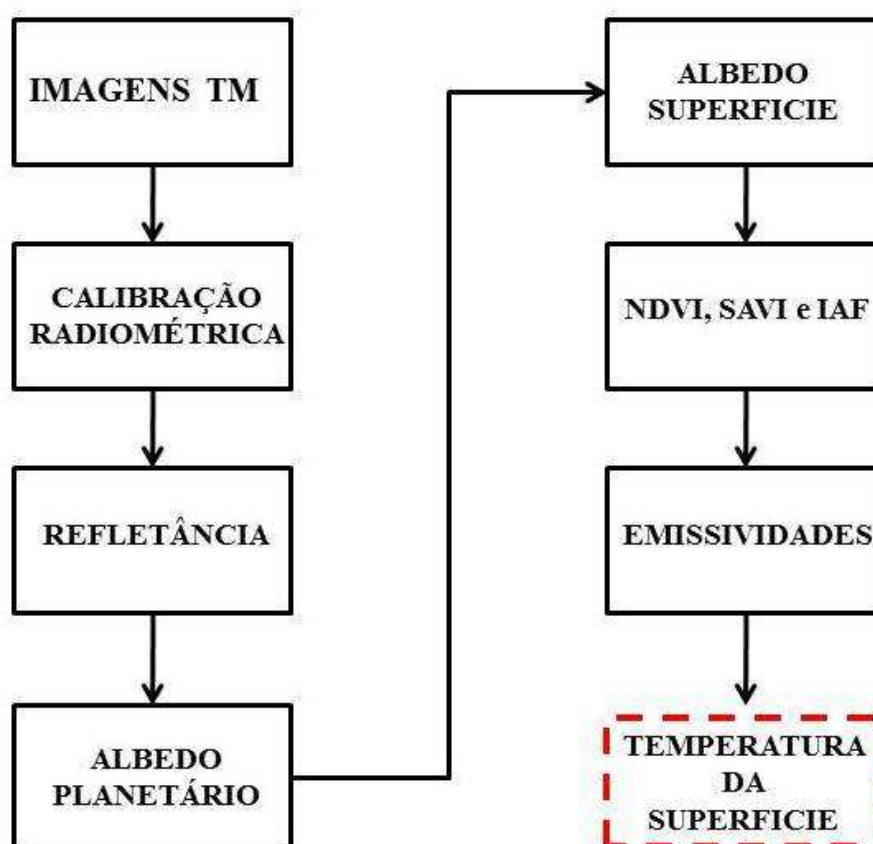


FIGURA 2. Fluxograma das etapas utilizadas na estimativa da temperatura da superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população da cidade de Cruzeiro do Sul, AC possui hoje mais de 78 mil habitantes, sendo o segundo município mais populoso do estado e o 33º da região Norte do Brasil (IBGE, 2010).

Foi constatado que as áreas antropizadas dentro da área de estudo apresentam elevação significativa para o ano de 2006 de 72.171,54 ha, respectivamente (Figura 3). Para o ano de 2007 a classe vegetação apresenta abrangência da ordem de 39.985,62 ha, respectivamente (Figura 3). Essas classes foram as que apresentaram as maiores diferenças de área durante o período de avaliação.

Na Figura 3 verifica-se que a classe água manteve-se constante para os anos de 2005 a 2010 com valor médio de área 1.274,22 ha aproximadamente.

Na Figura 4 visualiza-se a distribuição espaço-temporal do uso e cobertura da terra na área de estudo. No ano de 2005, 2006, 2008 e 2010 (Figura 4a) observa-se a predominância de área classificada como área antropizada (cor amarela). Na classificação realizada para o ano de 2007 (Figura 4c) destaca-se consideravelmente a classe que representa a vegetação (cor verde).

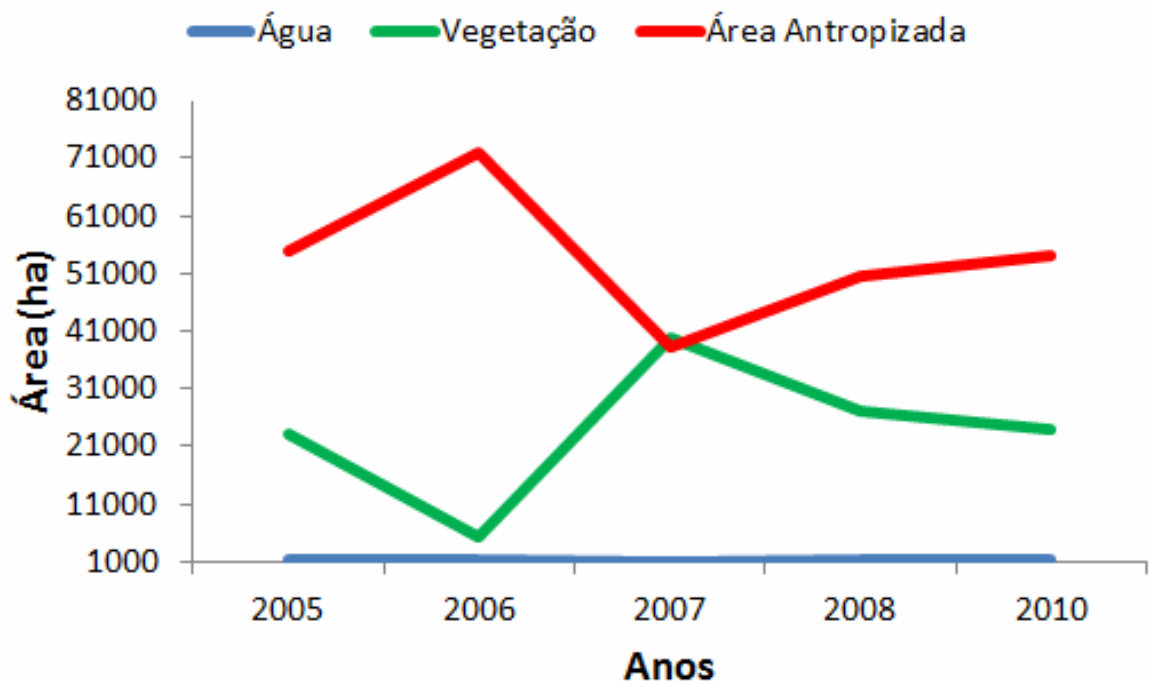


FIGURA 3. Classificação não supervisionada utilizando o algoritmo K-Means para Cruzeiro do Sul, AC.

Fonte: dados do estudo.

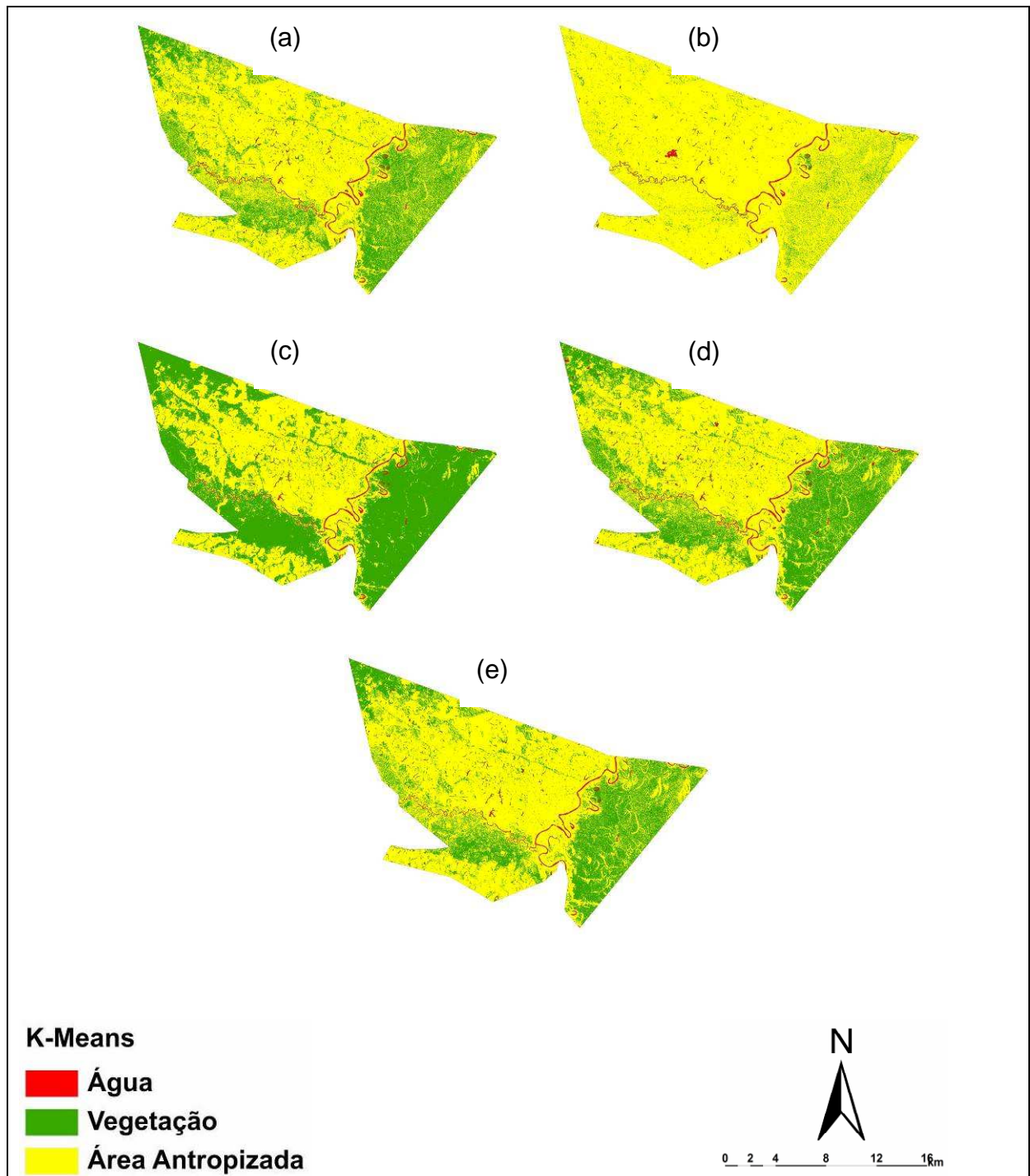


FIGURA 4. Classificação espacial e temporal não supervisionada utilizando o algoritmo K-Means para Cruzeiro do Sul, AC, para o período de 2005 (a), 2006 (b), 2007 (c), 2008 (d) e 2010 (e).

Fonte: dados do estudo.

Na Figura 5 como resultado das propriedades físicas dos materiais presentes na cena, estimou-se a temperatura da superfície. As áreas densamente urbanizadas apresentam temperaturas muito superiores a 40°C (em vermelho) à temperatura em sua volta, composta basicamente por vegetação e água (em azul) apresenta

temperaturas de 24°C. Resultados semelhantes foram encontrados por OLIVEIRA et al. (2006), onde na região central de São Paulo a temperatura alcançou 35°C, já em regiões periféricas à cidade, a temperatura média variou entre 24°C e 26°C.

As interações entre as camadas de ar urbanas e a circulação local acabam por gerar mecanismos que, em determinadas circunstâncias, provocam o aumento do movimento vertical ascendente dos elementos do ar, acarretando a formação de nuvens com topos mais elevados, e, conseqüentemente, mais frios (OLIVEIRA et al., 2006).

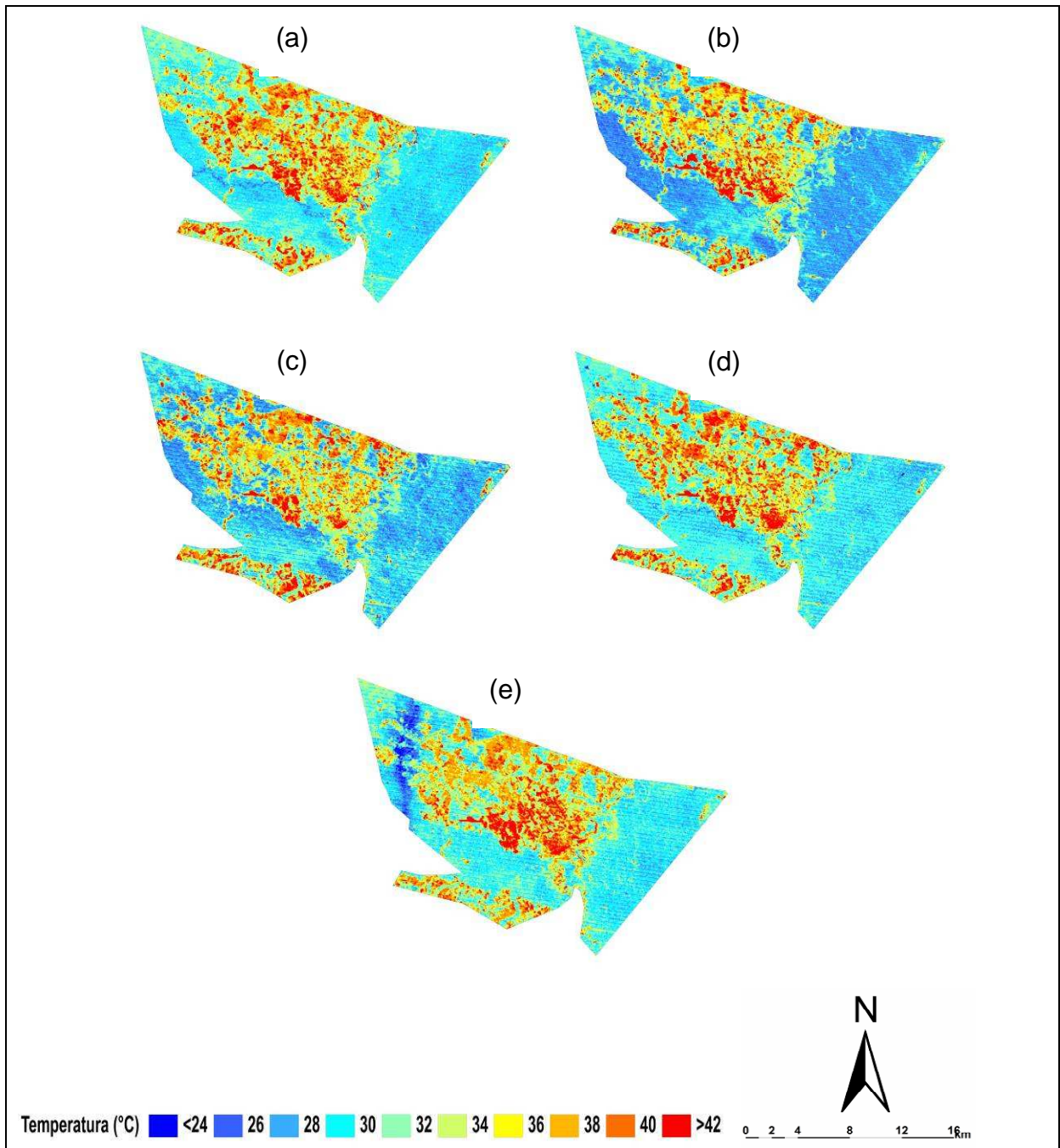


FIGURA 5. Classificação espacial e temporal da temperatura da superfície (T_s) utilizando o algoritmo SEBAL para Cruzeiro do Sul, AC, para o período de 2005 (a), 2006 (b), 2007 (c), 2008 (d) e 2010 (e).

Fonte: dados do estudo.

A Tabela 1 apresenta a variabilidade anual pluviométrica de Cruzeiro do Sul, AC para os anos de 1971 a 2002. Os valores de precipitação anuais apresentaram uma tendência positiva de 17,63 mm/ano (1971-1990) e alcançando um máximo de 30,48 mm/ano nos anos de 1993 a 2002.

Na análise da Figura 6 nota-se que o coeficiente de regressão linear é positivo com média de 30 anos de 2.109,536 mm. A variabilidade da precipitação durante todos os anos é grande, destacando o ano de 1990 que teve o pico de 2848,1 mm e outros valores baixos, como o ano de 1979 e 1981.

TABELA 1. Variabilidade anual da precipitação para Cruzeiro do Sul, AC.

Anos	Média (mm)	Delta Prec _{final} - Prec _{inicial} (mm)
1971-1980	2.064,39	
1981-1990	2.082,02	+17,63
1993-2002	2.112,05	+30,48

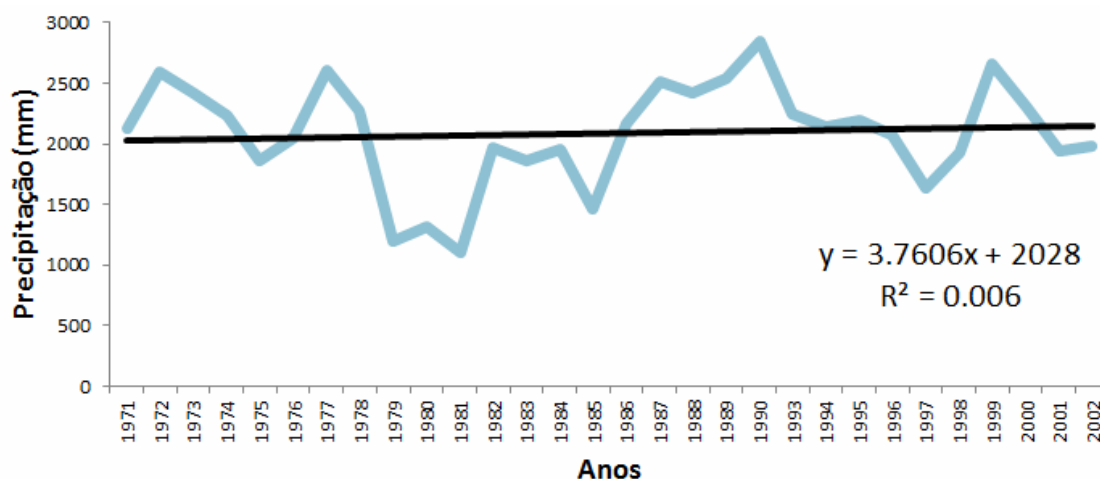


FIGURA 6. Variabilidade temporal da precipitação (mm) para Cruzeiro do Sul, AC.

Fonte: dados do estudo.

Segundo NOBRE et al. (2007) cinco de 11 modelos climáticos estudados do *Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report (IPPC AR4)* preveem um aumento da precipitação anual, três modelos preveem um decréscimo na precipitação e os outros três não indicam padrão significativo de mudança da precipitação na Amazônia.

Desde meados da década de 1970, o período chuvoso tem iniciado precocemente e durado mais, no Sudeste do Brasil (MINUZZI et al., 2007).

Em um estudo de caso, no Estado de Santa Catarina eventos atmosféricos severos têm sido recorrentes ao longo de seu histórico climático, que desde meados do século XIX já apresenta registros dos elevados totais pluviométricos precipitados com inundações do rio Itajaí-Açu, porém as consequências de tais eventos, na atualidade, adquirem proporções diferenciadas em função dos padrões de organização socioespacial existentes (ALMEIDA et al., 2009).

CONCLUSÃO

O declínio das áreas de cobertura florestal pode ser resultado das mudanças dos regimes pluviométricos, pois os valores apresentaram aumento anual de 1971 a 1980 de 17, 63 mm/ano e 30,48 mm/ano de 1993 a 2002.

Os dados do sensor TM mostraram-se eficientes para avaliar as mudanças na paisagem, permitindo acompanhar as principais mudanças na cobertura vegetal.

A modificação da temperatura da superfície e a alteração do gradiente de temperatura estão criando condições necessárias para a formação de nuvens com grande desenvolvimento vertical e, como consequência, eventos de chuvas mais prolongados em Cruzeiro do Sul, AC.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro processo 477207/2011-1 e a Universidade Federal do Acre pela disponibilidade do uso do laboratório de geoprocessamento e mudança climática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. de.; PASCOALINO, A. Gestão de risco, desenvolvimento e (meio) ambiente no Brasil – Um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...** Viçosa, MG, 2009. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/061.pdf>. Acesso em: 16 maio. 2012.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**. v. 212-213, p. 198-212, 1998.

DUARTE, A. F. A. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 308-317, 2006.

IBAMA/MMA e S. O. S AMAZÔNIA. 1998. **Plano de manejo do Parque Nacional da Serra do Divisor**. Rio Branco, Acre, 1998, 600 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo Demográfico 2010** <www.ibge.gov.br/cidades/topwindow.htm?1>. Acesso em: 24 abr. 2012.

MARENCO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade** – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. 2 ed. Brasília, Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2007b.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, 338-344, 2007.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L., 2007. Mudanças Climáticas e Amazônia. **Cien. Cult.**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 22 – 27.

OLIVEIRA, L. G. L.; PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; CAMARGO, F. F.; GUERRA, J. B. Anomalias térmicas de centros urbanos e ocorrência de granizo na zona leste de São Paulo: Estudo de Caso. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. **Anais XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006.

SOUSA JÚNIOR, M. A.; LACRUZ, M. S. P. Monitoramento de desastres naturais utilizando imagens *MODIS* – estudo de caso: Pantanal. In: I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, 2006. v.1. p.739-748.