

Deforestation vs. changes in rainfall rates in the amazonian forest of northern Mato Grosso state

Nathan Debortoli¹
Saulo Rodrigues Filho¹
Vincent Dubreuil²

¹ Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB/CDS
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Gleba A, Bloco C, Asa Norte - Brasília-DF 70.904-970
nathandebortoli@unb.br
srodrigues@unb.br

² Université Rennes 2, Laboratoire Costel umr 6554 cnrs (letg) - fr/ifr caren- UHB/COSTEL
Place du Recteur Henri Le Moal CS 24 307 Rennes, França
vincent.dubreuil@uhb.fr

Palavras-chave: remote sensing, image processing, precipitation, land use, IDW, Amazonia.

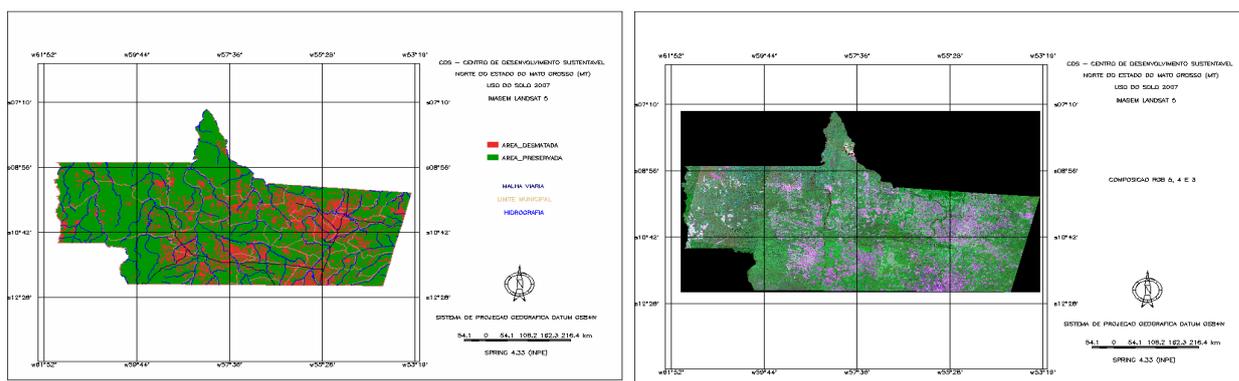
Abstract

Recent studies has shown that a reduction of 40% in rainfall rates is expected in deforested areas, these researches have raised the question that deforestation and land use may alter negatively the hydrological cycle in the Brazilian Amazon. To better understand these correlations a set of 30 meteorological stations together with the remote sensing of 64 images of satellites LANDSAT 5 and 2 in northern Mato Grosso state was analyzed in a 30 years period from 1977 until 2007. This analysis encompassed a control area (preserved) characterized as the northwest of MT and another anthropogenic area along the arch of deforestation in the Brazilian highway BR -163. The IDW (Inverse Distance Weighting) method was used in a GIS and remote sensing image processing system “SPRING” as an interpolation tool in the treatment of rainfall data. Concomitant a climate change software (RCLIMDEX 1.0) corroborated to identify changes in rainfall patterns throughout the region. Both tools indicated decrease in precipitation. The results points to a decrease of rainfall in 20 meteorological stations in deforested areas and an increase in rainfall in 10 meteorological stations in preserved areas. It was also detected a land use change of more than 21% of the area in the northern part of MT state.

1 - Introdução

O esclarecimento recente do papel da Floresta Amazônica em regiões continentais e afastadas do mar na produção de energia (calor latente), e conseqüentemente na produção de chuvas é de suma importância para a sociedade e para a manutenção dos serviços ambientais a longo prazo. Pesquisas atuais que estudam o sistema climático e suas conexões com o uso do solo revelam que há uma necessidade de desenvolvimento de estudos que compreendam em profundidade os efeitos do desmatamento no ciclo hidrológico, e como as atividades antrópicas (agricultura e pecuária) vêm afetando o clima regional e local nas áreas de floresta.

A partir da análise temporal de três décadas por meio de 64 imagens MSS e TM dos satélites LANDSAT 2 e 5 para os anos 1977, 1987, 1997 e 2007 são analisados e operados dados de solo exposto e floresta por meio do índice de vegetação normalizado NDVI e de precipitações (com base em dados de 30 estações pluviométricas do norte e noroeste do estado de MT). As estações foram tratadas por meio do método interpolador geoestatístico IDW (Inverso ponderado da distância). Duas áreas distintas foram estudadas, sendo uma preservada chamada de área controle ao noroeste do MT e outra antropizada (norte da BR-163). Verificou-se a existência de mudanças nos padrões pluviométricos decorrentes do uso do solo em uma perspectiva regional. Os mapas 1 e 2 ilustram o recorte da área do estudo de caso com áreas preservadas e desmatadas para o ano de 2007.



Mapas 1 e 2 - Classificação do uso do solo para o ano de 2007. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro). E ai lado Mosaico de imagens do satélite Landsat 5 fornecidas pelo INPE. Datum GS84W.

Revisão da Literatura

As precipitações na Amazônia variam de 1.500 a 3.000 mm por ano, com uma média de 2.000 mm na Amazônia central (área do estudo de caso). Cerca de 50% da água precipitada na floresta é evapotranspirada como vapor de água de volta à atmosfera e desses 50%, 48% voltam a cair novamente como chuva, representando uma alta taxa de reciclagem pela floresta tropical, com uma média de reciclagem de 5,5 dias Salati e Vose (1984). Tendo como premissa as peculiaridades climáticas regionais do norte do MT acentua-se que as florestas tropicais úmidas da Amazônia brasileira transpiram de 1500-2000 milímetros por ano Salati (1984) e Larcher (2000), com taxas de evaporação até maiores que as dos oceanos. Para Wang et al. (2009) a Amazônia funciona como um oceano verde. Quanto maior a floresta maior o acúmulo de evaporação, podendo chegar a 2 m de água evaporado por ano Loeschner et al. (2005).

Durieux (2003) detectou em partes da Amazônia uma diminuição da nebulosidade geral e especialmente da nebulosidade alta durante a época seca e chuvosa, os dados são para os anos de 1970-1990. Essa diminuição é mais visível quando 20% das áreas de floresta estavam desmatadas. Cutrim et al. (1995) detectaram um aumento da nebulosidade baixa durante a estação seca, devido ao desmatamento, essas nuvens baixas normalmente não causam chuvas. Fu e Li (2004) perceberam um aumento da sazonalidade durante o período seco e um incremento nas precipitações violentas em curto espaço de tempo, durante os anos de 1979 a 1993. Chu et al. (1994) detectaram uma diminuição de chuvas na Amazônia meridional durante 15 anos, atribuindo esse decréscimo a fenômenos climáticos em mesoescala. Marengo (2004) percebeu um decréscimo de chuvas em toda bacia Amazônica no período de 1950-1998, atribuindo o decréscimo a fenômenos climáticos em mesoescala. Callad et al. (2004) apontou uma diminuição das chuvas em uma análise de 43 estações pluviométricas durante os anos de 1945-1998 na Amazônia Brasileira. Lean et al. (1996) e Villar (2009) notaram uma redução de 32% nas chuvas, devido a conversão de florestas para pastagens, conforme estimativas do modelo do Headly Center da Inglaterra. Villar (2009) detectou decréscimo das precipitações de 780 para 580mm (-18%) a partir do ano de 1983 (estação seca), e queda geral das precipitações de 1790 para 1660mm (-10%). Vale lembrar que a partir de 1983 houve intenso desmatamento na Amazônia meridional.

O desmatamento já reduziu fluxos de vapor de umidade em quase 5% sobre a floresta, sem previsões que este número pare de aumentar. A chuva poderá diminuir em até 95% no interior dos continentes como América do Sul e África. Modelos preveem redução de 20 a 30%, contudo, não consideram perfeitamente o papel da vegetação no clima. Há incertezas quanto a essas ligações (área foliar reduzida, profundidade das raízes, rugosidade do dossel e

extensão - influência nos fluxos de ar - e alto albedo e.g. reflexão) Bonan (2008). Outro fator interessante é que a turbulência climática associada às nuvens de convecção são frequentes em fragmentos de remanescentes de mata de áreas antropizadas, ao contrário de áreas de cultivos e pasto Bonan (2008). Sheil e Murdiyarso (2009) explicam que o desmatamento pode aumentar a sazonalidade climática local e diminuir a formação de nuvens de chuva. Correntes de ar próximas a superfície da terra fluem para onde a pressão é mais baixa. Essas regiões são as com maiores taxas de evaporação..

Para Salati (1984) 10 a 20% de desmatamento é suficiente para causar dano ao ecossistema Amazônico O ciclo hidrológico na Amazônia não pode ser separado da floresta, pois ela é parte determinante do sistema climático local, criando as condições necessárias para a ocorrência de precipitações, o que neste caso torna inseparável o papel da floresta de coadjuvante neste ciclo Salati et al. (1978). Se o grau de desmatamento expandir substancialmente para grandes áreas, há confiança que a redução da evapotranspiração conduzirá a uma menor precipitação durante períodos secos na Amazônia, e há grande probabilidade de que a precipitação média será reduzida no centro-oeste, centro-sul e sul do Brasil Lean et al. (1996). Ainda que a precipitação total anual na Amazônia deva diminuir por apenas 7% a partir de conversão da floresta para pastagens, simulações com o modelo Hadley Centre indicam que em áreas de floresta preservadas no mês agosto (estação seca) a média de chuvas diminuiria de 2,2 mm dia (-1), para 1,5 mm dia (-1), uma diminuição de 32%; tal redução engendraria maiores decréscimos nas precipitações caso todas áreas se convertessem em pastagens Lean et al. (1996).

2 - Metodologia

O programa RCLIMDEX 1.0 (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml> (acesso em 05/09/2009), possibilitou a análise dos dados das 30 estações, gerando 30 gráficos de precipitações com dados diários de períodos de 28 a 30 anos. Dentre várias categorias disponíveis no programa optou-se por utilizar a opção “precipitação total”, por contabilizar qualquer chuva acima de 1 mm. O gráfico (1) apresenta um exemplo dos 30 gráficos gerados pelo programa estatístico RCLIMDEX 1.0.

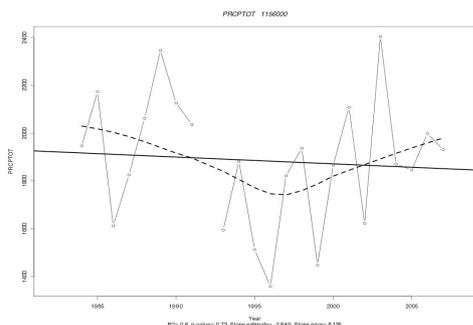


Gráfico 1 Um dos 30 gráficos de dados brutos diários da precipitação total (anual) das estações pluviométricas do estudo de caso no período de 28-30 anos. Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas). Dados tratados no programa RCLIMDEX 1.0. A linha com pontos representa os dados brutos anuais da estação ao longo do período; a linha pontilhada representa a estimativa efetuada pelo programa com base nos dados brutos conforme a equação descrita acima; e a linha reta e em cor cinza escuro, representa a tendência linear das precipitações ao longo do período, com base nos dados brutos e do cálculo estatístico do programa.

Na parte inferior do gráfico estão descritos os dados estatísticos gerados pelo programa, dos quais: R2 significa a quantidade de precipitação diária no período coletado (representa o número de dias de precipitação), calculados pela (equação 1):

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij}$$

No gráfico 2 estão descritos os dados das 30 estações, sua tendência linear de acréscimo ou decréscimo das precipitações (durante as décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000), e sua localização em áreas preservadas (controle) ou desmatadas.

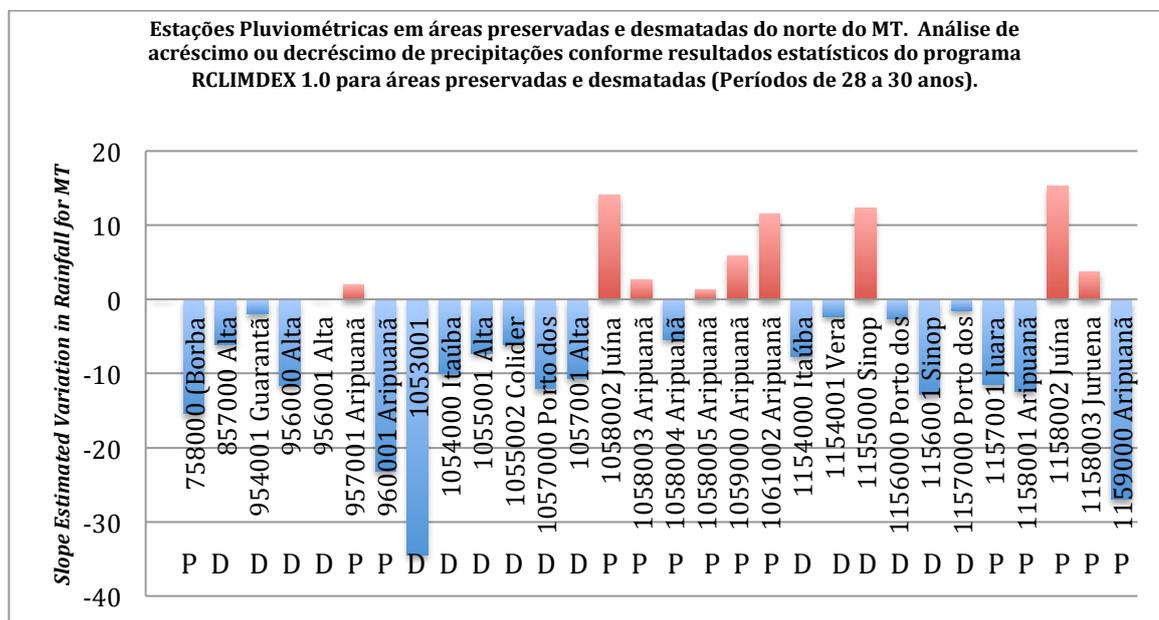


Gráfico 2 – Estações do norte do MT com os valores estimados de *slope* por meio do software de mudança climática RCLIMDEX1.0. Período de análise de 28 a 30 anos. P áreas preservadas e D áreas desmatadas.

Houve um acréscimo das precipitações na maior parte das áreas controle (preservadas) e um decréscimo nas áreas desmatadas. Das 30 estações analisadas, 20 apresentaram decréscimo nas chuvas e 10 um acréscimo. Das 14 estações em áreas preservadas, 6 apresentaram decréscimo nas chuvas. Das 16 estações em áreas desmatadas, apenas 2 apresentaram acréscimo das chuvas. As estações em áreas preservadas cujas latitudes e longitudes estão próximas ao estado de Rondônia (bastante desmatado) apresentaram um decréscimo nas chuvas, em contraponto com as estações em áreas densamente florestadas em latitudes mais ao noroeste do MT, em direção ao estado do Amazonas. O município de Marcelândia (área desmatada adjacente a BR-163) apresentou a maior redução das chuvas, e o município de Juína (área preservada/controlada) os 2 maiores acréscimos. A estação mais ao sul do município de Aripuanã, próxima da divisa com o estado Rondônia apresentou o maior decréscimo das chuvas dentre as estações de área controle/preservada.

Há uma variabilidade grande nas chuvas durante o período estudado e uma alternância clara entre estações chuvosas e secas. As médias pluviométricas anuais vão de 1200 até 2400mm, com eventos discrepantes em anos secos e chuvosos. Uma questão importante a ser lembrada é que os efeitos da La Niña e El Niño na região central da América do Sul (Centro-Oeste Brasileiro) são de difícil detecção, não sendo tão perceptíveis como no Nordeste e no Sul do Brasil, dificultando a análise dos dados pluviométricos influenciados por esses fenômenos. Um ano de La Niña pode ser tão chuvoso na região central do Brasil quanto um ano de El Niño e vice-versa. O padrão de precipitação encontrado na área analisada está próximo à média climatológica (1961-1990) para a região do norte do Mato Grosso (1700 a 2400 mm) de acordo com o INMET e CPTEC (2009), podendo haver diferenciações locais.

Análise (30 anos) e métodos gerais de análise e geoestatística do norte do MT

Primeiramente foi efetuada uma triagem das imagens com ausência de nuvens. Há um total de 64 imagens do norte central e noroeste do MT, as quais foram mosaicadas sob um plano de retângulo envolvente com as respectivas longitudes Long/1 64o 0' 1.50'', Long/2

52o 29' 58.65'' e latitude Latitude/1 7s 0' 1.50'', Latitude/2 16s 0' 4.43'' de uma escala de 1:500.000. As imagens são dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro, período de seca no norte do MT. Esses meses com pouca nebulosidade facilitam a observação do solo e as mudanças antrópicas nas séries temporais das imagens para 1977, 1987, 1997 e 2007. As imagens foram degradadas para uma resolução menor (120 m) para facilitar o geoprocessamento dos dados de floresta e área desmatada.

Para criar o modelo de chuvas foram selecionados dados de 30 estações pluviométricas do norte do Mato Grosso. Os dados são da ANA (Agência Nacional de Águas) e estão disponíveis no programa Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). O método utilizado na interpolação dos dados foi o IDW – Inverso Ponderado da Distância¹, que obteve uma representação favorável no programa Vieira de Deus et al. (2007) e Crepani et al. (2004). A opção adotada foi a média ponderada, pois o próprio IDW tem variâncias de média ponderada ao quadrante e média ponderada; a melhor representação após testes efetuados nesta pesquisa foi a média ponderada. Para a mensuração das chuvas médias aliadas ao uso do solo e sua evolução no período foi aplicado o método de IDW (Inverso ponderado da distância).

Na etapa de classificação o mesmo conjunto de cenas foi utilizado para todos os anos. Os dados utilizados para malha viária e a hidrografia são do departamento de geografia do IBGE (seção Bacia Amazônica), ambos estão em shapefile e foram agregados como dados temáticos ao programa SPRING. Na tabulação os dados das chuvas e a sua espacialização são cruzados com os dados adquiridos do geoprocessamento das áreas desmatadas e preservadas nas imagens LANDSAT 5. Com esse cruzamento foi possível obter o total da área desmatada e preservada ao longo do período decadal assim como os totais de chuva e as áreas que apresentaram maior ou menor precipitação, seja as que sofreram intenso uso do solo, seja as que ainda detêm floresta. A seguir, analisar-se-á os resultados encontrados.

3 - Resultados e discussão

A área total do estudo de caso é de 282.500 km². No ano de 1977, apenas 388 km² estavam desmatados, em 1987 14.025 km² já apresentavam-se desmatados. Em 1997 esse número subiu para 28.977 km² e em 2007 para 57.776 km². Logo, detecta-se uma diminuição de 4% nas áreas preservadas de 1977 a 1987, 5% de 1987 a 1997 e de 11% de 1997 a 2007. Assim, aproximadamente 21% da área apresenta-se desmatada.

Nas isoietas de 1987 nota-se nas áreas próximas das rodovias os menores valores pluviométricos (entre 1300 e 1600 mm de chuva) e nas áreas afastadas das áreas antropizadas valores próximos ou superiores a 2000 mm. Vale lembrar que as áreas mais ao norte do estado recebem mais chuva que as áreas centrais (conforme a climatologia regional) Seplan (2002). Entretanto, é interessante observar o padrão das chuvas de menor intensidade nesse ano em particular (1987), os quais seguem os eixos rodoviários e núcleos urbanos da região. Em 1997 as chuvas mais escassas permaneceram ocorrendo ao longo e largo da BR-163, e mais especificamente na região de Alta Floresta, bem como no sudoeste da área estudada. Contudo, nesse ano, a região central apresentou os maiores índices de chuva, diferentemente do ano de 1987, onde as chuvas de maior intensidade se concentraram no norte do estado. De forma ampla as chuvas diminuíram em toda região conforme o gráfico 3 da área de análise:

¹ O método IDW Método do Inverso Ponderado da Distância (Inverse Distance Weighted - IDW) é um procedimento de interpolação que consiste, basicamente, em atribuir um peso para cada ponto amostrado vizinho, em função da distância que ele se encontra do ponto que se quer calcular. Os pesos são calculados de maneira que a soma de todos os pesos dados aos pontos amostrados vizinhos seja igual a 1, ou seja, é atribuído um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho (Menegol 2004).

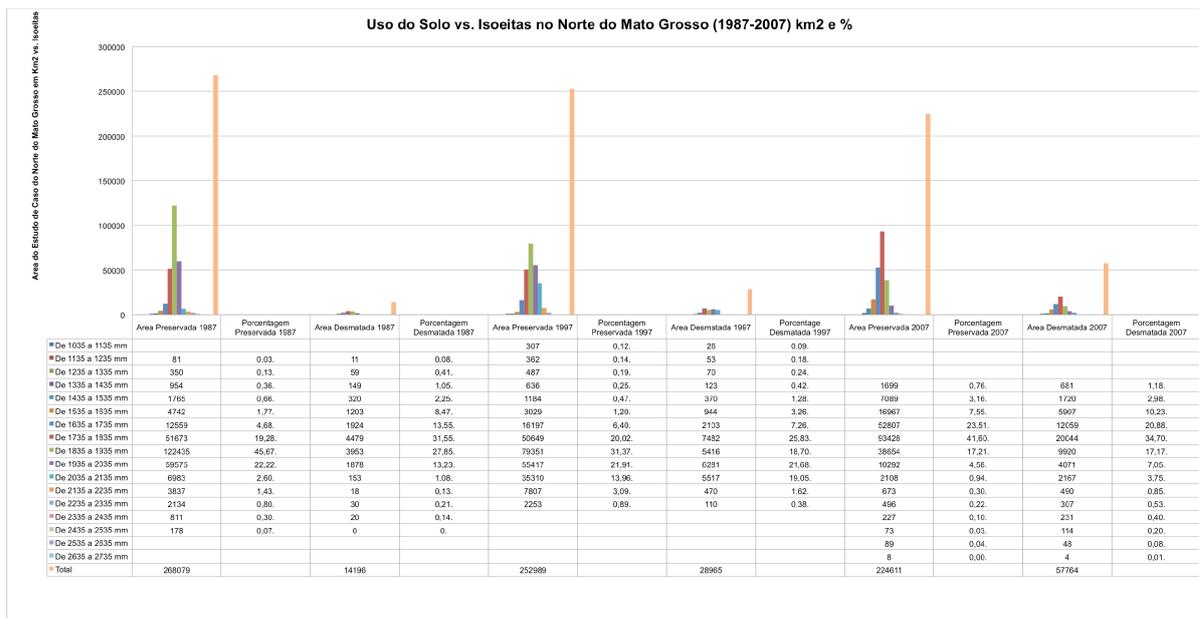
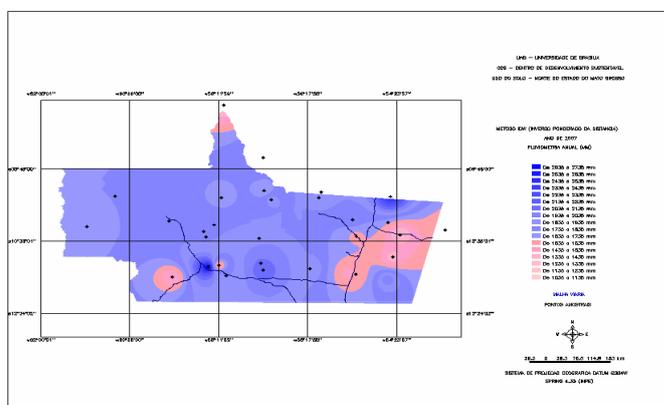


Gráfico 3 - Uso do solo vs. isoeitas de Chuva - Norte do Mato Grosso – MT – No gráfico os dados da área em Km2 e %, também o cruzamento com os dados de chuvas em milímetros conforme as isoeitas do método IDW. Áreas preservadas e desmatadas.

Para o ano de 2007 a redução das chuvas é mais significativa, ultrapassando os números de 1987 e 1997. Ainda assim, é perceptível que as chuvas menos intensas estão ininterruptamente próximas a BR-163. As isoeitas fora da área do estudo de caso, próximas ao parque do Xingú, ao leste da BR-163 também apresentaram maiores quantidades de chuva do que nas áreas próximas a rodovia. Se analisada a região como um todo (20% do território foi desmatado) houveram mudanças nas precipitações de forma regional para a maioria das estações analisadas (diminuição dos totais pluviométricos nos últimos 30 anos).

O menor vapor de água disponível na atmosfera pode diminuir eventos convectivos durante o período chuvoso nas áreas antropizadas consequentemente afetando as áreas preservadas. Os totais pluviométricos durante os anos de 1987 e 1997 foram entre 1835 e 1935 mm, diminuindo em 2007 para 1735 e 1835 mm (ver mapa 3). Houve um incremento das chuvas na categoria inferior entre 1635 e 1735 mm. Se observado na perspectiva de comparação das chuvas entre a área controle (preservada) e a área antropizada (áreas próximas a BR-163 e demais rodovias), durante as 3 décadas especificamente analisadas, as chuvas na área controle foram mais bem distribuídas e em maior quantidade que nas áreas próximas aos núcleos urbanos e eixos da malha viária.



Mapa 3 Isoeitas de chuva em mm. Ano de 2007. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações.

Os resultados encontrados no geoprocessamento das imagens de satélite dos dados de uso do solo, demonstram que o desmatamento aniquilou 21% da floresta original do norte do MT nos últimos 30 anos. A análise dos dados de chuva (isoietas) permitem aferir que houve uma diminuição geral das chuvas durante os três períodos observados (1987, 1997 e 2007) principalmente nas áreas desmatadas. Os menores índices pluviométricos estiveram continuamente próximos ou nas próprias áreas antropizadas.

Os dados pluviométricos de 20 das 30 estações disponíveis apresentaram tendência de declínio conforme calculado pelo programa estatístico CLIMDEX 1.0 (30 anos de análise). De 30 estações, apenas 10 apresentaram um aumento nas precipitações, e em alguns casos esse aumento foi diminuto. Já as tendências de queda são proeminentes em algumas regiões desmatadas, conforme descrito anteriormente. Outra característica é que a área controle têm valores pluviométricos mais elevados que a área desmatada, o que aproxima a hipótese de que as áreas preservadas recebem mais precipitação por conta da ciclagem da água via evapotranspiração; regiões da área preservada próximas a regiões muito devastadas do estado de Rondônia (Nordeste do MT) apresentaram decréscimo das precipitações.

Quanto aos resultados geoestatísticos o método do IDW correspondeu de maneira satisfatória com as séries de dados existentes, e permitiu entender como os totais pluviométricos estiveram situados no território do estudo de caso do norte do MT.

4 - Conclusões

O sistema climático em meso-escala é de difícil entendimento, os modelos climatológicos mais modernos ainda não são capazes de contemplar uma infinidade de variáveis que são condições *sine qua non* para a projeção dos cenários de mudanças climáticas. Na opinião de diversos autores a conversão de florestas para agricultura, solo exposto e a queima de vegetação modificam de forma significativa o balanço de energia proveniente dos raios solares que atingem a terra (efeito albedo), assim como a umidade presente no ar, e a ciclagem de diversas partículas e elementos bioquímicos e biogeofísicos que compõem o ciclo hidrológico.

Não obstante, o clima da área de estudo de caso apresenta uma heterogeneidade ampla, contudo, há uma característica da região que enfatiza e coloca em voga a questão do decréscimo das precipitações; essa característica é o longo período seco que a região de transição de biomas apresenta (Cerrado-Floresta Mesófila-Floresta Ombrófila) do norte Mato Grossense. A porção mais ao Sul da Amazônia apresenta uma estação seca mais ou menos definida durante os meses de junho-setembro, diferentemente das outras regiões do bioma. Esse período seco é amenizado em grande parte pela existência da floresta, que conserva a umidade em seu interior e em suas áreas adjacentes, assim como garante a manutenção da rede de aquíferos, e permite valores mais altos de umidade relativa do ar; evitando o ressecamento das árvores e diminuindo a vulnerabilidade a combustão em contrapartida das áreas desmatadas ou semi-desmatadas. A retirada de parte da vegetação da floresta pode acarretar em um prolongamento da estação seca e uma diminuição das chuvas locais causadas por convecção, como descrito nos estudos efetuados em Rondônia por Wang et al. (2009), e na Amazônia de forma geral detectados por Durieux (2003) em áreas desmatadas e com vegetação.

Tais premissas corroboram para que um número maior de áreas desmatadas na Amazônia diminua consideravelmente o aporte de umidade proveniente da floresta. Induzindo-a a uma possível savanização, aniquilando espécies de flora e fauna e modificando significativamente o balanço de energia e a troca dos fluxos ecossistêmicos entre os biomas que dependem da floresta, assim como as atividades agrícolas e as populações que necessitam da água.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Geotecnia da Universidade de Brasília, a Embrapa Cerrados e ao Instituto Nacional de Meteorologia INMET pela colaboração no tratamento dos dados coletados.

Referências Bibliográficas

- ARTAXO, P., DIAS, M. A. O Mecanismo da floresta para fazer chover. **Scientific American**, n. 11. Abril, 2003.
- BONAN, G.B. Forests and climate change: Forcing feedbacks and the climate benefits of forests. **Ecology**, n. 81, p. 425–432. Ano: 2008.
- CALL'EDE, J., GUYOT, J. L., RONCHAIL, J., L'HÔTE, Y., NIEL, H., DE OLIVEIRA, E. Evolution du débit de l'Amazone a Obidos de 1902 a 1999. **Hydrological Sciences Journal**, n. 49, p. 85–97. Ano: 2004.
- CHU, P. S., YU, Z. P., HASTENRATH, S. Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazon basin: Which way has it gone? **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 75, p. 579–583. Ano: 1994.
- CREPANI, et al. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. São José dos Campos-SP: INPE, 2004.
- CUTRIM, E., MARTIN, D.W., RABIN, R. Enhancement of cumulus clouds over deforested lands in Amazonia. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 10, v. 76, p. 1801-1805. Ano: 1995.
- DURIEUX, L. **Étude des relations entre les caractéristiques géographiques de la surface et les nuages convectifs dans la région de l'arc de déforestation en Amazonie**. (Thèse de Doctorat). Université d'Aix-Marseille I. Marseille – France: 2003.
- FU, R., LI, W. The influence of the land surface on the transition from dry to wet season in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 78, p. 97–110. Ano: 2004.
- JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do meio ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos- SP: Parêntese, 2009.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP: RIMA, 2000. ISBN: 85-86553-03-8.
- LEAN, J., BUNTON, C. B., NOBRE, C. A., ROWNTREE, P.R. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. In: GASH, J. H. C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (eds.). **Amazonian Deforestation and Climate**. p. 549–576. Chichester – United Kingdom: John Wiley and Sons, 1996.
- LOESCHER, H. W., GHOLZ, H. L., JACOBS, J. M., OBERBAUER, S. F. Energy dynamics and modeled evapotranspiration from a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Hydrology**, n. 315, p. 274–294. Ano: 2005.
- MARENGO, J. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazonbasin. **Theoretical and applied climatology**, n. 78, p. 79–96. Ano: 2004.
- MENEGOL, L. R. **Paralelização de método de interpolação de dados: krigagem**. (Monografia). Universidade de Passo Fundo, Curso de Ciência da Computação. Passo Fundo-RS: 2004.
- SALATI, E., VOSE, P. Amazon Basin: A system in equilibrium. **Science**, n. 4658, v. 225. Ano: julho, 1984.
- SALATI, E., MARQUES, J., MOLION, C. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. **Interciência**, v. 3, n. 4. Ano: 1978.
- Secretaria de planejamento e coordenação geral do estado do mato grosso – SEPLAN-MT. **Anuário Estatístico de Mato Grosso**. Cuiabá-MT: Carlini & Caniato, 2008.
- SHEIL, D., MURDIYARSO, D. How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis. **BioScience**, n. 4, v. 59, p. 341-347. Ano: 2009.
- VIEIRA DE DEUS, et al. **Interpolação Espacial de Precipitações Anuais na Bacia do Alto e Médio Teles Pires, MT**. Anais. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC, Brasil, 21-26 abril de 2007, p. 2525-2531. São José dos Campos-SP: INPE, 2007.
- VILLAR, J. **Impact de la variabilité climatique sur l'hydrologie du bassin amazonien**. (Thèse de Doctorat). Université Paris 6, École doctorale “Sciences de L'Environnement d'Ile –de-France”. Paris-France: avril, 2009.
- WANG, et al. **Impact of Deforestation in the Amazon basin on climate**. Cambridge-USA: Massachusetts Institute of Technology, 2009.

Sites Consultados:

- INMET: <http://www.inmet.gov.br/>
ANA: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>
HIDROWEB: <http://hidroweb.ana.gov.br/>