

ANÁLISE TEMPORAL DO PERÍODO CHUVOSO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL BRASILEIRA (1971-2010)

Nathan Debortoli
Universidade de Brasília (UnB)
nathandebortoli@unb.br

Vincent Dubreuil
Universidade de Brasília (UnB)

Florian Delahaye
Universidade de Brasília (UnB)

Saulo Rodrigues Filho
Universidade de Brasília (UnB)

CLIMATOLOGIA: APORTES TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.

Resumo:

As zonas de transição climática na parte sul do bioma amazônico compostas de áreas de floresta ombrófila, floresta mesófila e vegetação de cerrado consolidaram-se nas últimas três décadas como uma das principais regiões do Brasil no que tange a produção de *commodities* para exportação. Poucos estudos foram conduzidos no intuito de melhor compreender a estação de chuvas com perspectiva nos registros históricos pluviométricos, questão importante do ponto de vista econômico, ambiental e social na região. Nesse sentido verificamos como se dão as datas do IPC (início do período chuvoso) e FPC (fim do período chuvoso) e sua duração a partir da aplicação de um método focado nos biomas em detrimento do calendário agrícola. O estudo teve como base 89 estações pluviométricas da ANA previamente validadas em estudos anteriores. Os resultados indicam que o IPC e o FPC apresentam forte contraste entre o Bioma Amazônico e o Cerrado. A análise temporal dos registros históricos sinaliza no período de 1971-2010 um IPC tardio nas décadas mais recentes com 48% das estações indicando uma redução das precipitações e 60% destas um FPC mais precoce. As análises das estações pluviométricas em áreas desmatadas demonstram que há grande probabilidade do desmatamento ser coadjuvante do enfraquecimento do período chuvoso entre o IPC e FPC, especialmente em partes da região nordeste do estado de Rondônia.

Abstract:

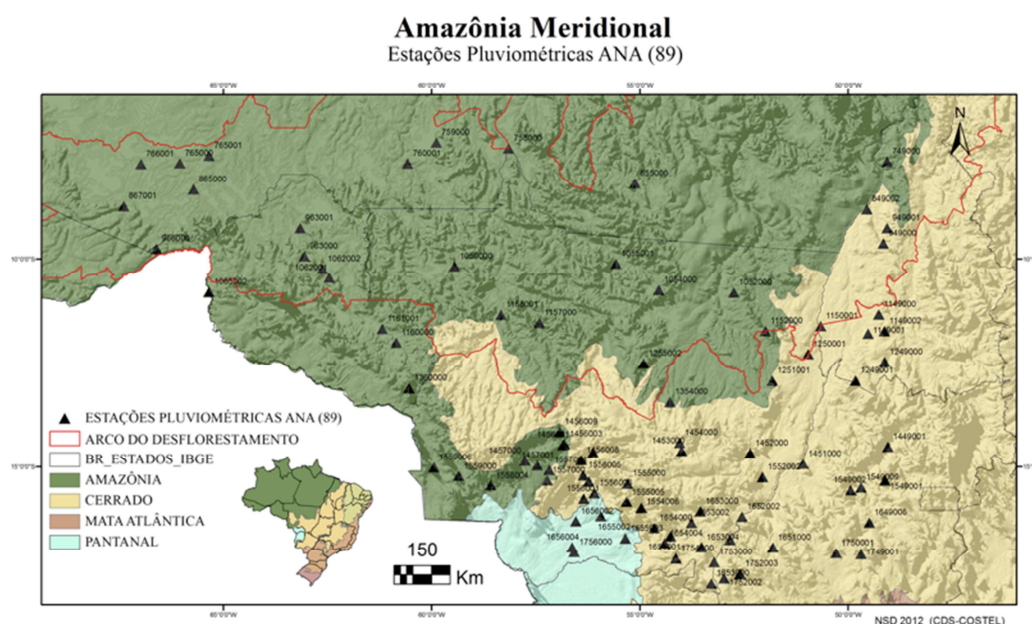
The transitions zones of the Brazilian Meridional Amazon are composed of areas of Ombrophyle Forest, Mesophyle Forests and Cerrado savannas. These once pioneer zones are now consolidated areas and major producers of grains and meat for the international commodities market. Despite the importance of the region for agricultural production only few studies have explored and analyzed in depth the rainy season in a temporal perspective (1970-2010). Hence the commodities production is extremely dependent on the accessibility of water and thus an impact in water availability will affect socioeconomical and environmental aspects in these zones. Therefore, we identified the dates of start and end of the rainy season in a temporal perspective, using a methodology towards the forest conditions in detriment of the agriculture calendar. The study was based in 89 rainfall gauges from ANA, previously validated in other studies. The results identified that the IPC (beginning of the rainy season) and the FPC (end of the rainy season) present a strong contrast between the Amazon biome and the Cerrado. The chronological analysis indicated that during the period of 1971-2010 there has been a delay in the IPC for 48% of the rainfall gauges and a premature FPC for 60% of them. Analysis of rainfall gauges in deforested areas also showed that there is great probability that deforestation is an adjuvant in the impairment of the rainy season, especially in the northeast areas of Rondônia state.

1. Introdução

A Amazônia Meridional (AMR) abrange uma vasta área de transição entre o bioma Amazônico e o Cerrado. Essa porção do território brasileiro consolidou-se nas últimas três décadas como celeiro nacional devido a produção de grãos (cultura da soja) e a produção de carne bovina com foco no mercado internacional de *commodities* (THÉRY e MAURANCE, 1997; LE TOURNEAU, 2010; FEARNSIDE, 2008 e FOLEY, 2007). A região apesar de sua pujança econômica, e a acelerada melhora nos índices sociais ainda apresenta fraquezas na implementação de políticas públicas eficazes na gestão dos recursos ambientais e de conflitos e litígios fundiários, engendrados por uma frente pioneira em plena expansão. Por outro lado, o parque agrícola de acelerado desenvolvimento é extremamente dependente do regime hídrico sazonal, portanto, vulnerável às mudanças climáticas (especialmente à seca) pois, diferentemente de outras regiões da Amazônia é regido por forte sazonalidade entre o período chuvoso e de estiagem (DUBREUIL, 2002).

Tratando-se de área de transição de biomas é fato que a intensa modificação do uso da terra (ocorrida nos últimos 40 anos) provocou profundos impactos ambientais e sociais. Assim, devido ao alto grau de comprometimento da paisagem nativa não descarta-se que tenham ocorrido alterações no ciclo hidrológico local e regional, por e.g. o deslocamento ou redução da extensão do período chuvoso, o qual conduziria à redução da disponibilidade hídrica, portanto, comprometendo as atividades primárias no meio rural. Nesse sentido, buscamos identificar a partir de perspectiva temporal (1971-2010) com base em uma distribuição espacial o início (IPC) e o fim do período chuvoso (FPC). A análise efetuada a partir dos dados diários de 89 estações pluviométricas da ANA (Agência Nacional de Águas) possibilitou a identificação de tendências nas séries históricas durante a estação chuvosa, bem como as datas de início e fim da estação e sua distribuição espacial entre os biomas.

A área de estudo é delimitada entre os biomas: Amazônia, Cerrado e Pantanal. Engloba os estados do MT e RO, e parcialmente as áreas adjacentes dos estados do PA, AM, GO, TO e MS. Esta seleção se deu por 4 motivos principais: (1) área de transição de biomas; (2) área de transição climática; (3) região de frente pioneira consolidada da Amazônia brasileira, cuja área sofreu alteração significativa da cobertura florestal nos últimos 40 anos, com impactos na paisagem e nos recursos hídricos; (4) área de conflitos agrários, altamente visada para o desenvolvimento de atividades agropecuárias com vista no mercado de exportação de *commodities* (Mapa 1).



Mapa 1. Localização das estações pluviométricas da ANA (89) com dados diários entre 1970-2010. Fonte: Autor, 2012.

2. A estação chuvosa na Amazônia Meridional

Do ponto de vista climático a AMR apresenta uma estação seca mais ou menos definida durante os meses de junho-setembro, trata-se de um período seco moderado existente em quase todas as sub-regiões diferentemente dos tipo climáticos do norte do bioma. Mais de 70% do total das chuvas acumuladas durante o ano ocorrem de novembro-março sendo geralmente mais chuvoso o trimestre janeiro-março. Durante essa época chove em média 45 a 55% do total anual, em contrapartida, o inverno é excessivamente seco (ROUCOU, 1998 e DURIEUX, 2003).

O regime pluviométrico da AMR se dá a partir do ritmo sazonal de acentuada regularidade no qual a maior intensidade da deficiência pluviométrica ocorre de maio a setembro. Na AMR a atmosfera é bastante estável durante a estação seca e por essa razão requer um amplo aumento da temperatura de superfície terrestre e de umidade para alcançar níveis de instabilidade convectiva.

A acumulação de umidade no limite da camada atmosférica baixa (750 milibares) sobre as áreas da AMR tem início em setembro, durante a estação chuvosa a temperatura abaixo de 700 mb diminui gradativamente com o aumento da umidade sugerindo que a evaporação das nuvens baixas e a precipitação provêm da elevada umidade do ar durante o período. Esse incremento de umidade é influenciado pela redução da CINE (inibição de energia convectiva) e o aumento da *fcus* frequência de perfis de instabilidade baixa de convecção profunda (RONG FU *et al.*, 1999). Desse modo, o aumento de umidade na troposfera média e baixa se inicia antes da erupção da estação chuvosa, portanto,

mudanças de circulação de larga escala e de temperatura são necessárias para dar início ao período chuvoso.

Por outro lado mecanismos atmosféricos de meso-escala são responsáveis pelo aporte de precipitações nessas áreas, entre esses podemos citar: as anomalias das temperaturas da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical (SOUZA *et al.*, 2009); os ciclos de oscilação do Oceano Pacífico Sul (ENOS) que por sua vez influenciam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Ambas ZCIT e ZCAS quando enfraquecidas podem corroborar em ocasionais déficits pluviométricos nos períodos de DJF e MAM (verão austral). Na AMR o efeito da circulação local combinada a topografia da região têm grande impacto na distribuição de chuvas diurnas, as quais são associadas a forte atividade convectiva, além dos efeitos de convecção em meso-escala oriundos da ZCAS (NEGRI *et al.*, 2000).

Quanto ao papel da vegetação na atmosfera Machado *et al.* (2004) esclarece a partir de testes com o uso de radiossondas, satélites e estações pluviométricas durante um período de 25 anos que a variabilidade diurna é gerada por meio da termodinâmica da atmosfera, e a variabilidade sazonal determinada pelos tipos de vegetação. De acordo esses, no sudeste da Amazônia a nebulosidade sazonal tem maior amplitude e um máximo pluviométrico bem definido próximo ao mês de fevereiro, com o aumento da sazonalidade no sentido sudoeste para sudeste. Portanto, o tempo entre a erupção da estação chuvosa e o máximo de precipitação é inferior ao tempo entre o FPC e o mínimo de precipitação.

3. Método de identificação do IPC e FPC em áreas tropicais

Os dados: Por meio dos dados diários de 89 estações pluviométricas da ANA adquiridos a partir da ferramenta online *Hidroweb* identificaram-se os meses e dias do IPC e FPC, considerando-se parâmetros de localização latitudinal e longitudinal e de distribuição espacial dos dados nos diferentes biomas. De 207 estações previamente selecionadas por Debortoli *et al.* (2012), 50 detinham no mínimo 30 anos de dados sem lacunas ou falhas como recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Entretanto, a maior parte destas está localizada na parte sul, sudeste e leste da área, em regiões colonizadas em período anterior a década de 1970 (séries históricas mais longas), em oposição as estações com posicionamento setentrional. Portanto, afim de haver um distribuição espacial coerente com as área proposta para análise, agregamos estações com no mínimo 27 anos de dados (face ao contexto recente de ocupação do território) permitindo acrescentar 39 estações às 50 iniciais (89), sanando o quesito abrangência geográfica.

O método: Diversas metodologias estatísticas já foram desenvolvidas para a identificação do IPC e FPC em áreas tropicais a e.g. de Marengo, (2001); Odekunle, (2003); Ilesanmi, (1972 a,b); Liebmann, (2007), e também probabilísticas como o estudo de Garbutt *et al.*, (1981). Em suma essas metodologias incorporam dados pluviométricas diários em suas análises e em alguns casos agregam

variáveis como temperatura e umidade relativa do ar. Entretanto, neste estudo serão adotadas como referência metodologias com base apenas nos dados pluviométricos diários, capazes de determinar os menores e maiores acúmulos de chuva no IPC e FPC. O olhar da análise foi direcionado sobretudo aos biomas (vegetação nativa) em detrimento da identificação de datas a partir do calendário agrícola.

Após análises do período chuvoso em áreas tropicais com base em estudos de Sivakumar *et al.*, (1984 e 1996); Samba *et al.*, (1999); Adewi *et al.*, (2010); Lahuec, (1991); Tchiadeu *et al.*, (1999) e Camberlin e Okoola (2003) e a verificação da aplicabilidade desses métodos de identificação em áreas da Amazônia brasileira, optamos pela utilização do método de Camberlin e Okoola (2003). Este método tem como base a identificação da diferença entre as médias dos acúmulos mínimos e máximos de precipitação do IPC e FPC. Portanto, para cada ano a data do IPC corresponde ao ponto mínimo do ciclo anual de pontos acumulados, tanto que os valores mais elevados da curva marquem o FPC. Essa metodologia parece ser a mais adequada para análise do IPC e FPC na AMR pois trata-se de região de forte sazonalidade. O cúmulo de pontuação permite identificar facilmente as datas mensais e diárias e os períodos temporais anuais das chuvas a partir dos níveis dos cúmulos máximos e mínimos dos totais diários de precipitação como ilustrado no gráfico 1.

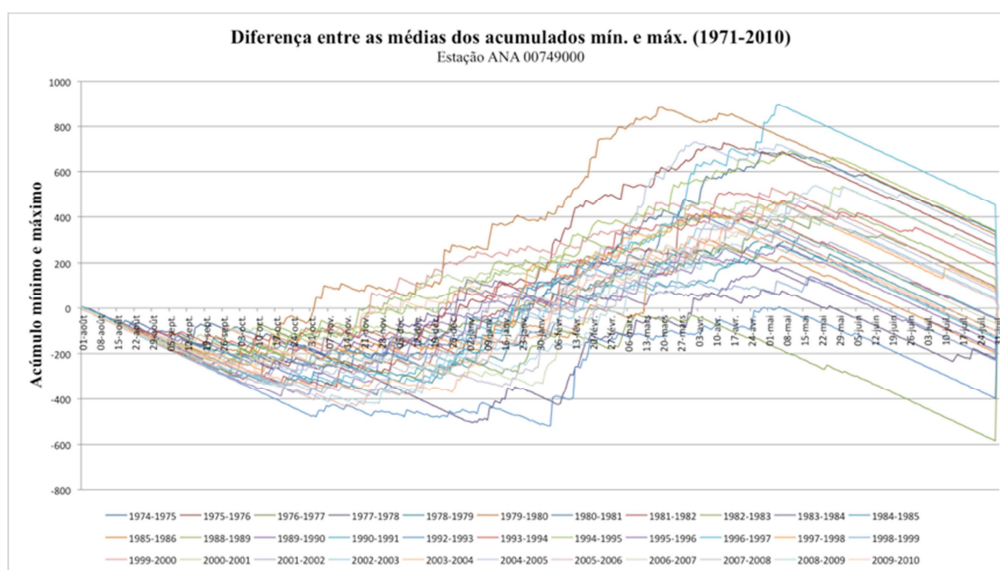


Gráfico 1. Exemplo de aplicação da metodologia para a estação de código 0074900 (ANA). No eixo x os meses do ano com as linhas respectivas para cada um dos 40 anos de dados. No eixo y os valores de pontuação acumulada mínima e máxima. Fonte: Autor, 2012.

Os dados foram calculados a partir da escolha da data do dia primeiro de Agosto, época do ano de pouca influência do período chuvoso e cujas precipitações ocorrem apenas com a passagem de sistemas frontais. Logo, a fórmula utilizada para o cálculo da diferença das médias foi a seguinte:

$$V_j = \sum_{01/08}^j (P_j - \bar{P}_m)$$

Fórmula 1. $\sum_{01/08}^j$ = dia primeiro de Agosto representado a diferença entre as médias dos acumulados mínimos e a data do início do ano; P_j = o dia anterior, representando a diferença entre as médias dos acumulados máximos; \bar{P}_m = média diária das precipitações em todo o período (1971-2010).

O resultado do cálculo de identificação da diferença das médias para o IPC e o FPC nas 89 estações pluviométricas foi elaborado a partir de um script. As datas foram detectadas calculando-se a diferença da média do ponto mínimo acumulado da curva de precipitação a partir da data do dia primeiro de Agosto para o IPC. Já o FPC foi calculado por meio da diferença da média do ponto máximo acumulado da curva de precipitação durante o ano até a data do dia 31 de Julho. Na ausência de dados diários durante um ano optamos pela seguinte regra: Se o ano “X” apresentar mais de 2 meses sem dados este é automaticamente rejeitado. Lembrando que todas estações devem conter no mínimo 27 anos de dados diários disponíveis.

4. Resultados

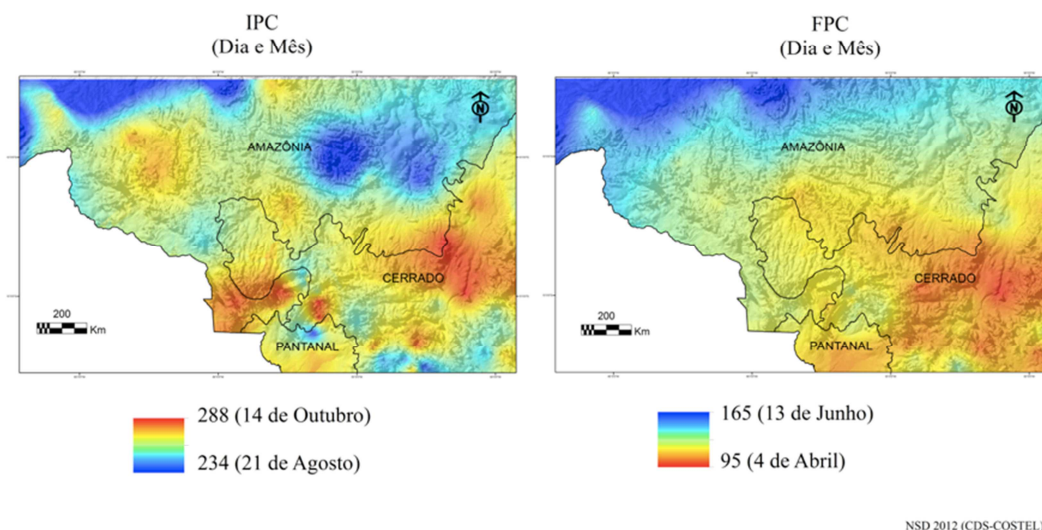
De acordo com as análises efetuadas para as 89 estações pluviométricas a partir da adaptação do método de Camberlin e Okoola (2003) para AMR os resultados sugerem que o IPC é menos uniforme e tem distribuição espacial heterogênea quando comparado ao FPC que detém uma distribuição espacial de gradiente latitudinal no sentido norte-sul e longitudinal no sentido leste-oeste (Mapa 2). Além disso é notório o forte contraste do gradiente latitudinal-longitudinal entre o bioma Amazônico e as áreas de transição com o bioma Cerrado.

Na área ao norte da AMR observamos uma estação chuvosa mais longa contrariamente a do bioma Cerrado. Nas demais áreas nota-se um padrão de transição entre os extremos anteriores. No Mapa 2 também estão identificadas as médias das 89 estações pluviométricas para o IPC. Este ocorre na primeira quinzena do mês de agosto para as regiões norte da AMR, e na última quinzena do mês de setembro nas regiões do Cerrado e o sudoeste da AMR. Na análise de dados diários para o IPC a média indica a data máxima para o dia 234 (± 21 de Agosto) nas regiões amazônicas e em torno do dia 288 (± 14 de Outubro) para as regiões do Cerrado.

Quanto ao FPC observa-se um gradiente latitudinal e longitudinal bem definido em toda região. O FPC ocorre entre a primeira quinzena do mês de junho para as regiões ao norte da AMR e no fim da primeira quinzena de março para as regiões do Cerrado. Quanto aos dias do FPC nota-se que ocorrem próximos a data do dia 165 (± 13 de Junho) para a parte norte no bioma Amazônico e em torno do dia 95 (± 4 de Abril) para o bioma Cerrado.

Início e Fim do Período Chuvoso (1971-2010)

Amazônia Meridional



Mapa 2. Krigeagem Ordinária exponencial do IPC e FPC na Amazônia Meridional (1971-2010), a partir dos resultados da metodologia. Nos mapas podemos observar os biomas e o IPC e FPC de acordo com as médias dos meses e médias diárias para as 89 estações pluviométricas da ANA (entre o 4 de Abril e 13 de Junho no FPC e 21 de Agosto e 14 de outubro no IPC). Fonte: Autor, 2012.

É importante ressaltar que tanto na região nordeste de Rondônia, quanto no noroeste e nordeste do Mato Grosso há marcada diferença no IPC, apesar de estarem localizadas na mesma latitude. Durante a estação seca as regiões cobertas por florestas parecem ter capacidade suficiente de manter a energia na forma de calor latente na atmosfera-biosfera, o que não ocorre nas regiões com vegetação típica de cerrados ou que sofreram desmatamento. O nordeste de Rondônia atualmente encontra-se amplamente antropizado ao contrário do noroeste e nordeste (Parque do Xingú) do estado do Mato Grosso. Uma hipótese para essa marcada diferença nas datas do IPC poderia estar associada ao desmatamento já que o IPC tende a iniciar-se a partir do gradiente noroeste (considerando-se também as características sinóticas).

Portanto, é muito provável que devido às mudanças da cobertura da superfície do solo (floresta para áreas de pastagens, cidades e lavoura) ocorra uma modificação na quantidade de energia disponível em forma de calor latente e albedo por conseguinte conduzindo a uma estabilização da CINE ao contrário de sua redução (RONG FU *et al.*, 1999 e DUBREUIL *et al.*, 2012) engendrando um IPC mais tardio.

De acordo com Fu e Li (2004) o fluxo de calor latente da superfície do solo é a fonte mais importante de umidade atmosférica durante o período seco, e nos estágios iniciais das estações de transição, contrariamente a umidade trazida por sistemas atmosféricos de larga-escala. Os sistemas atmosféricos de larga-escala se mostram mais importantes quando a erupção da estação chuvosa se aproxima. Para Fu e Li o aumento das precipitações locais pode facilmente forçar IPC influenciando

sistemas de circulação de larga-escala representando o papel da cobertura florestal na estação seca e de transição, ao contrário do aumento gradiente das temperaturas da superfície continental e oceânica.

Normalmente, condições de alta umidade sob a superfície do solo (floresta) suportam maiores fluxos de calor latente propiciando um maior e mais rápido aumento de convecção, em contrapartida, condições inferiores de fluxo de calor latente de superfície e uma troposfera mais seca durante a estação seca (áreas desmatadas) prorrogam a chegada da estação chuvosa, mesmo com o fluxo reverso normal transequatorial.

Portanto, as condições de transição da estação seca para estação chuvosa na AMR são iniciadas pelo aumento de fluxos de calor latente sobre a superfície do solo e a precipitação local influenciada pela vegetação. As variações da evaporação na superfície terrestre podem afetar o total de energia de superfície na camada limite planetária e da energia potencial convectiva da coluna atmosférica e finalmente o *feedback* com a precipitação (BETTS *et al.*, 2008). No contexto de uma Amazônia Meridional mais seca a persistência de anomalias de umidade do solo podem levar a variações prolongadas na intensidade regional do ciclo da água por e.g. secas ou inundações (SCHUBERT *et al.*, 2004 a,b).

Nesse sentido, para melhor compreender as divisões entre o IPC e o FPC nas áreas de transição e diferentes biomas optamos por separar as 89 estações por latitude, e pelo limite territorial dos biomas sugerido pelo IBAMA. Na tabela 1 a seguir vemos a classificação das estações por bioma, posição latitudinal e datas mensais e diárias do IPC e FPC:

Estações Pluviométricas (ANA)								
Médias do IPC e FPC								
Bioma	IPC				FPC			
	Amazônia- 7°S/-12°S	Cerrado -13°S/-18°S	Amazônia IBAMA	Cerrado IBAMA	Amazônia -7°S/-12°S	Cerrado -13°S/-18°S	Amazônia IBAMA	Cerrado IBAMA
Nº de Estações	37	52	38	51	37	52	38	51
Valor Dia	274	280	275	279	121	108	121	108
Período Dia	30/09	6/10	1/10	5/10	30/04	17/04	30/4	17/4

Tabela 1. Dados extraídos da diferença das médias dos acumulados dos dados diários. Médias mensais e diárias do início e FPC na Amazônia, Cerrado e entre -7°S e -12°S, e -13°S e -18°S de latitude sul. Fonte: Autor, 2012.

A divisão das estações a partir dos biomas ou por latitude demonstra que não há uma diferença significativa nas datas das médias mensais ou diárias no mesmo bioma ou latitude. Contudo, como identificado paralelamente na análise da krigeagem ordinária exponencial, percebe-se um forte contraste quando atribuída a divisão entre o bioma Amazônico e o Cerrado considerando-se as datas mensais e diárias do IPC e FPC. Se considerarmos as normais climatológicas para a região podemos

concluir que o método empregado captura de forma satisfatória as médias mensais típicas ou normalmente observadas para o IPC e FPC.

Análise temporal das séries históricas (1971-2010)

Quanto a temporalidade das séries históricas constata-se que a partir dos testes efetuados entre 1971-2010 houve uma redução significativa do período chuvoso. Os maiores impactos são observados durante o FPC com 60% das estações apresentando um fim precoce da estação, e 48% das estações apresentando um IPC mais tardio. Das 89 estações avaliadas detectamos que no 26% das estações não apresentam alteração no período, 26% apresentam um IPC mais precoce e 48% das estações um IPC mais tardio.

Já no FPC detectamos que 27% das estações não apresentam alteração no período, apenas 13% apresentam um FPC mais tardio e 60% apresentam uma FPC mais precoce. Como e.g. ver gráfico 2:

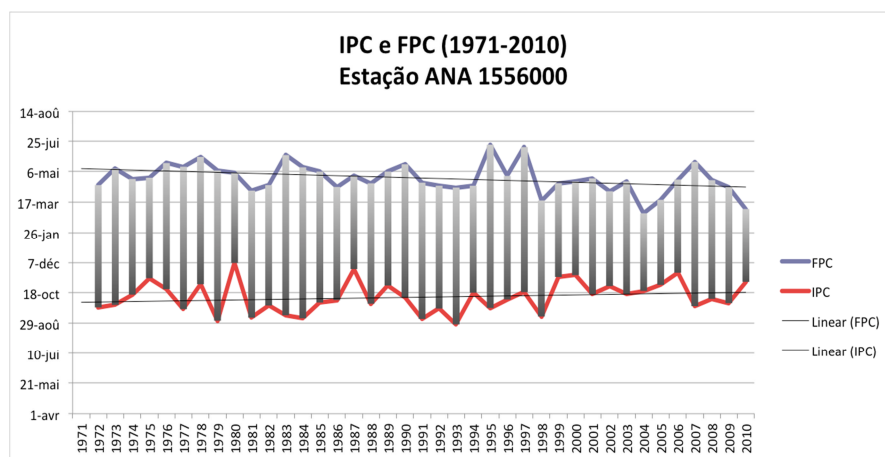
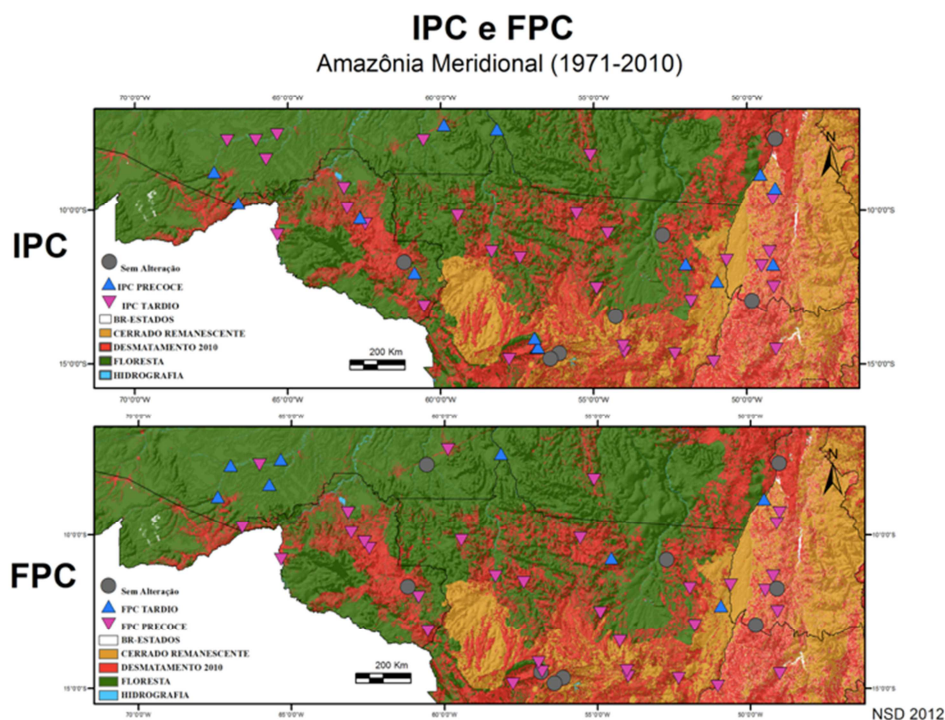


Gráfico 2. No gráfico acima um e.g. de estação ilustrando o caso mais recorrente das estações (redução do período chuvoso). Observa-se que em ambos IPC e FPC há uma aproximação das datas do início e fim do período de acordo com os registros da série histórica. Fonte: Autor, 2012.

Para melhor identificar esta conjuntura de dados optamos por ilustrá-los a partir da cartografia como disposto no mapa 3. Conforme observa-se em escala regional não existe um padrão espacial definido em relação à análise temporal do IPC e FPC chuvoso no período entre 1971-2010. Contudo, observa-se no IPC agrupamentos de estações que iniciam o período tardiamente na região noroeste do estudo de caso (área de floresta), em contrapartida, nas demais regiões a distribuição é heterogênea, prevalecendo uma maior porcentagem de estações com IPC tardio em detrimento de um IPC precoce.

Já na análise temporal do FPC as análises indicam que na mesma área citada previamente as estações na área de floresta ao noroeste acusam um FPC tardio sendo possivelmente auxiliadas pela participação da floresta em parte do ciclo hidrológico. Para as demais estações a distribuição é mais homogênea e predominante em praticamente todo o estado do MT e em Rondônia, prevalecendo um

maior número de estações com o FPC ocorrendo precocemente em detrimento de um FPC tardio. Em suma, tanto no IPC como no FPC os dados indicam uma redução do período chuvoso no período de entre 1971-2010.



Mapa 3. Análise temporal (1971-2010) do IPC e FPC. Em cinza as estações que não alteração do período. No IPC as estações com IPC tardio em rosa e em azul as estações com IPC precoce. No FPC em rosa as estações com FPC precoce e em azul as estações com o FPC tardio. Fonte: Autor, 2012.

6. Discussão e Conclusões

Os testes utilizados a partir da metodologia proposta responderam de maneira satisfatória à identificação do IPC e FPC. Nesse sentido, os autores detectaram que há um contraste forte entre o IPC e o FPC no que concerne as áreas do Biomas Amazônico mais ao norte, Bioma Cerrado ao sul, e as demais áreas de transição. Por outro lado, grande parte da AMR apresentar-se amplamente desmatada observando-se uma tendência de redução na duração do período chuvoso em mais de 60% das estações pluviométricas analisadas, entre o período de 1971 e 2010 (IPC tardio e FPC precoce).

Em contrapartida, o IPC é bastante heterogêneo (tardio no noroeste de RO e precoce no nordeste do MT e áreas do Parque do Xingú) o que indicaria uma possível influência do desmatamento e das áreas florestadas nas precipitações à escala regional. Portanto, na estação seca com o excesso de partículas no ar oriundas da queima de biomassa pela agricultura e o desmate haveria uma redução no total de radiação solar recebida pelas superfícies terrestres. Essa redução por sua parte engendraria alterações na taxa fotossintética da vegetação impactando o balanço do carbono

regional e a formação de nuvens propícias as chuvas provocando uma redução da intensidade do ciclo hidrológico.

Atualmente inúmeros estudos indicam que por um lado partículas provenientes da queima da biomassa são eficientes condensadores de núcleo de nuvens (CCN) auxiliando na absorção da radiação solar por meio das partículas de fumaça, de maneira a reduzir a umidade disponível no ar e aumentar a temperatura na camada de superfície atmosférica coibindo a formação de nebulosidade (AHLM *et al.*, 2009). Já por outro lado as partículas biogênicas produzidas pela vegetação (floresta) servem como reatores bioquímicos de núcleos na formação de nuvens e precipitações na AMR auxiliando a erupção da estação chuvosa (PÖSCH *et al.*, 2010).

6. Referências

ADEWI E., BADAMELI K. e DUBREUIL V. Évolution de saisons de pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000. **Revue de L'Association Internationale de Climatologie**. Vol. 7. 89-107, 2010.

AHLM, L. et al. A comparison of dry and wet season aerosol number fluxes over the Amazon rain forest. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v. 9, n. 6, p. 26881-26924, 2009.

ARVOR, D. e DUBREUIL, V. **Etude par télédétection de la dynamique du soja et de l'impact des précipitations sur les productions au Mato Grosso (Brésil)**. 2010. Lille, Atelier national de reproduction des thèses.

BETTS, R., SANDERSON, M. e WOODWARD, S. Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**. Series B, Biological sciences, v. 363, n. 1498, p. 1873-80, ISSN 0962-8436, 2008.

CAMBERLIN P. e OKOOLA E. The Onset and Cessation of the 'Long Rains' in Eastern Africa and their Interannual Variability. **Theoretical and Applied Climatology**. 75: 43-54, 2003.

DEBORTOLI, N. et al. Tendances et ruptures des séries pluviométriques dans la région méridionale de l'Amazonie Brésilienne. In: AIC 2012: 25ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 2012, Grenoble. **Publications de L'Association Internationale de Climatologie - Colloque de Grenoble 5-8 septembre, 2012**.

DJOUFACK V. **Étude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun: Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI**. 2011. Université de Bourgogne.

DROULERS, M. e TOURNEAU M. Le. **L'amazonie Brésilienne et Le Développement Durable**. Paris: Belin, Print, 2010.

DUBREUIL, V. et al. Impact of land-cover change in the Southern Amazonia climate: a case study for the region of Alta Floresta, Mato Grosso, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 184, n. 2, p. 877-891, ISSN 0167-6369, 2012.

DUBREUIL, V. **Environnement et Télédétection au Brésil: Mato Grosso, Paraná, Sao Paulo**. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, Print, 2002.

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.** 2003. Université d'Aix-Marseille I, Marseille, France.
- FEARNSIDE, P. Mudanças Climáticas globais e a floresta amazônica. In: (ED.), M. S. B. (Ed.). **In: Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil.** São Paulo, Brasil: RiMa Editora. p.295, 2008.
- FOLEY, J. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment.** v. 5, n. 1, p. 25-32, ISSN 1540-9295, 2007.
- FU, R. e LI, W. The influence of the land surface on the transition from dry to wet season in Amazonia. **Theoretical and Applied climatology.** Wien; New York, v. 78, n. 1, p. 97, ISSN 0177-798X, 2004.
- FU, R.; ZHU, B.; DICKINSON, E. How Do Atmosphere and Land Surface Influence Seasonal Changes of Convection in the Tropical Amazon? **Journal of Climate.** v. 12, n. 5, p. 1306, ISSN 0894-8755, 1999.
- GARBUTT, J., STERN, D., DENNET, D. e ELSTON J. A comparison of the rainfall climate of eleven places in West Africa using a two-part model for daily rainfall. **Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology.** Serie B, 29: 137-155, 1981.
- ILESANMI O. An empirical formulation of the onset, advance and retreat of rainfall in Nigeria, **Journal of Tropical Geography,** 34: 17-24, 1972a.
- ILESANMI O. Aspect of the precipitation climatology of the July-August rainfall minimum of Southern Nigeria. **Journal of Tropical Geography,** 35: 51-59. 1972b.
- LAHUEC J. Convergence intertropicale: intensité de la convection de mars à mai 1991. **Veille Climatique Satellitaire.** 37, 26-43, 1991.
- LIEBMANN, B. et al. Onset and end of the rainy season in South America in observations and the ECHAM 4.5 atmospheric general circulation model. **Journal of Climate.** 20(10), 2037-2050, 2007.
- MACHADO, T. et al. Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia: A comparison of different vegetation types and large scale forcing. **Theoretical and Applied Climatology.** v. 78, n. 1, p. 61-77, ISSN 0177-798X, 2004.
- MARENGO, J. et al. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate.** 14(5), 833-852, 2001.
- NEGRI, J., ANAGNOSTOU, N. e ADLER, F. A 10-yr Climatology of Amazonian Rainfall Derived from Passive Microwave Satellite Observations. **Journal of Applied Meteorology.** v. 39, n. 1, ISSN 1558-8424, 2000.
- ODEKUNLE O. Rainfall and the length of the growing season in Nigeria. **International Journal of Climatology.** 24(4): 467-479, 2003.
- POSCHL, U. et al. Rainforest aerosols as biogenic nuclei of clouds and precipitation in the Amazon. **Science,** v. 329, n. 5998, p. 1513-1516, ISSN 0036-8075, 2010.
- ROUCOU, P. **Impact Des Températures De Surface Océanique D'échelle Globalesur Les Précipitations Tropicales En Amérique Du Sud À L'est Des Andes: Diagnostic Et Simulations Numériques.** 1998. Lille: Atelier national de Reproduction des Thèses, Print.

SAMBA G., MALOBA D. e MBAYI R. Les saisons de pluies potentiellement utiles (SPPU) sur les plateaux Batéké et sur le plateau des Cataractes en République du Congo. **Publications de l'Association International de Climatologie**. 12, 191-197, 1999.

SCHUBERT, D., SUAREZ, J. e PEGION, J. et al. Causes of long-term drought in the United States Great Plains. **Journal of Climate**. v. 17, p. 485- 503, 2004a.

SCHUBERT, D., SUAREZ, J. e PEGION, J. et al. On the cause of the 1930s Dust Bowl. **Science**. v. 303, p. 1855-1859, 2004b.

SIVAKUMAR K. e AWESSO, T. **L'analyse pluviométrique du Togo pour une planification à long terme**. 1996. Centre sahélien de l'ICRISAT, 158 pages.

SIVAKUMAR K., KONARE, M. e VIRMANI S. Agroclimatologie de L'Afrique de L'Ouest : le Niger. **Bulletin d'Information de l'ICRISAT**. n19, Patacheru (Inde), 294 pages, 1984.

SOUZA, D. et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 24, p. 111-124, ISSN 0102-7786, 2009.

TCHIADEU G., TSALEFAC M. e MBAYR R. Délimitation de la saison de pluies dans le Nord-Cameroun (6-11 Nord). **Publications de l'Association International de Climatologie**. 12, 151-158, 1999.

THÉRY, H. e MAURENCE, P. **Environnement et Développement en Amazonie Brésilienne**. Paris: Belin, Print, 1997.