

TELECONEXÕES OCEÂNICAS NOS PADRÕES CLIMATOLÓGICOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL: ANÁLISE DOS ÚLTIMOS 40 ANOS (1974-2013).

SODRE, Giordani Rafael Conceição – rafaelsodre2009@hotmail.com
Instituto Tecnológico VALE (ITV)

MORAES, Bergson Cavalcanti – bergson.moraes@itv.org
Instituto Tecnológico VALE (ITV)

FERREIRA, Douglas Silva – douglas.silva.ferreira@itv.org
Instituto Tecnológico VALE (ITV)

OLIVEIRA, Juarez Ventura – juarez.vo@hotmail.com
Instituto Tecnológico VALE (ITV)

SOUZA, Everaldo Barreiros – everaldo.barreiros.souza@itv.org
Instituto Tecnológico VALE (ITV)

RESUMO: A região de Carajás (constituída principalmente das cidades de Marabá, Parauapebas, Curionópolis, Canaã dos Carajás e Eldorado dos Carajás) no estado do Pará e a região de São Luís no estado do Maranhão são os polos mais importantes para a companhia Vale do Rio Doce. Assim, nesta pesquisa foi realizada uma análise das variáveis meteorológicas, temperatura (máxima, mínima e amplitude térmica) e precipitação para essas duas localidades. Foi calculada a correlação entre o gradiente térmico continental e o marítimo com a variabilidade pluviométrica sazonal da Amazônia oriental objetivando identificar o principal modulador da precipitação da região de estudo. Observou-se que a variabilidade climática da temperatura, tanto do ar como do oceano, nas duas regiões estudadas, apresentam um padrão semelhante de crescimento, resultado que produz resultados diferentes sobre a precipitação de cada localidade. Foi identificado que a intensidade da anomalia térmica no Nino 4, localizado a 5N-5S, 160E-150W no oceano atlântico, interfere diretamente sobre as variáveis meteorológicas no sudeste da Amazônia oriental e que a anomalia de TSM do oceano Pacífico possui maior correlação com a variabilidade pluviométrica da cidade de São Luís.

PALAVRAS CHAVE: Temperatura do ar, Precipitação, Anomalias térmicas oceânicas.

OCEAN CLIMATOLOGICAL TELECONNECTIONS IN STANDARDS OF EASTERN AMAZON: ANALYSIS OF THE LAST 40 YEARS (1974-2013).

ABSTRACT: The region of Carajás (mostly in the cities of Marabá, Parauapebas, Curionópolis, Canaã dos Carajás and Eldorado dos Carajás) in the state of Pará and the region of São Luís in Maranhão state are the most important centers for the company Vale do Rio Doce. Thus, this study was an analysis of the meteorological variables, temperature (maximum, minimum and temperature range) and precipitation for these two locations. The correlation between continental and maritime thermal gradient with seasonal rainfall variability in the eastern Amazon aiming to identify the main modulator of precipitation of the study area was calculated. It was observed that the climate variability of temperature, both air and ocean in two regions studied, show a similar pattern of growth that produces

different results on precipitation results in each location. It was identified that the intensity of the thermal anomaly in the Niño 4, located 5N-5S, 160E-150W in the Atlantic Ocean, directly upon the meteorological variables in the southeast of the eastern Amazon and the SST anomaly in the Pacific Ocean has the highest correlation with rainfall variability of the city of São Luís

KEYWORDS: air temperature, rainfall, ocean thermal anomalies.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica sempre foi alvo de muitos estudos de diversas áreas de ciência, e atualmente com a crescente preocupação das autoridades nacionais e internacionais com os adventos das mudanças climáticas, levou o cenário amazônico a tornar-se um dos ambientes mais estudados em todo o mundo (PHILLIPS, 2008; BUSH, 2008; MARENGO, 2006; AMBRIZZI et al., 2012), pois trata-se da maior concentração de biodiversidade existente na terra, exercendo uma função primordial nos aspectos físico-químicos do natureza e especialmente nos aspectos climáticos.

Neste ambiente o termo mitigação passou a ser a palavra chave na busca de ações, principalmente em forma de pesquisa científica, que possam cada vez mais gerar conhecimentos fundamentais para a manutenção e preservação da mesma (FEARNSIDE, 2006). Com esta perspectiva a meteorologia tem desempenhado um papel fundamental na produção de conhecimentos que visam identificar possíveis alterações que a região amazônica pode já esta sofrendo devido às mudanças climáticas globais. Segundo Beltrão (2008) e Marengo (2010) o cenário amazônico está propenso a mudanças severas no seu clima nos próximos 50 anos, caso os padrões atuais de degradação ambiental forem mantidos ou elevados, extremos climáticos como chuvas mais intensas e períodos de estiagem mais longos serão cada vez mais comuns.

O Instituto de Tecnológico a VALE está investindo recursos humanos e financeiros em pesquisas que gerem ações de mitigação, eficiência operacional e logística, principalmente na região da Amazônia oriental, que engloba o nordeste e sudeste do estado do Para e a parte oeste do estado do Maranhão, onde está situada a estrada de ferro responsável pelo transporte de parte da produção mineral da VALE.

Este melhoramento estratégico das condições estruturais e ambientais em torno da estrada de ferro é devido a grande importância econômica desta região para o Brasil, pois em seguida do setor agrícola, o setor industrial da mineração é o que tem contribuído significativamente para a economia brasileira nas últimas três décadas levando o Brasil a ocupar a segunda posição nas exportações de minério de ferro no mundo, perdendo apenas para a Austrália (PEREIRA, 2012).

Do ponto de vista do tempo e do clima, tais operações podem ser afetadas pelas diferentes condições hidroclimáticas que ocorrem durante o primeiro semestre do ano, quando é observado o máximo do ciclo anual de chuvas na maioria das regiões do Brasil. No primeiro semestre, a época mais chuvosa do ano, há episódios de chuvas intensas de curta duração (algumas horas) que pode levar ao atraso das operações de embarque e desembarque da produção, e episódios de longa duração (dias a semanas), relacionados a padrões climáticos persistentes, que provocam geralmente a ocorrência de enchentes nos rios e podem gerar interrupções parciais nas atividades logísticas e operações da VALE (SOUZA et al., 2014).

Para entender melhor as oscilações climáticas locais, propõem-se uma análise da temperatura do ar observada, uma vez que a mesma é o primeiro indicativo meteorológico do tempo e do clima de uma região. Segundo Medeiros et al.,(2005) a temperatura do ar é, dentre os elementos climáticos, aquele que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos físicos e fisiológicos que ocorrem no meio ambiente.

Segunda a Climanalise (2010) e Salati e Marques (1984) na região amazônica, devida aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano. A amplitude térmica sazonal é da ordem de 1-2 C, sendo que os valores médios situam-se entre 24 e 26 C. Especificamente, Belém (PA) apresenta a temperatura média mensal máxima de 26,5 C em Novembro e a mínima temperatura de 25,4 C em Março. Manaus (AM), por outro lado, possui seus extremos de temperatura nos meses de Setembro (27,9 C) e Abril (25,8 C). A energia que atinge a superfície terrestre é devolvida para a atmosfera na forma de fluxo de calor sensível (aquecimento) e latente (evapotranspiração). Desta forma, contribuindo diretamente no processo da convecção e posteriormente na precipitação.

Outra variação térmica que também influencia diretamente o balanço hidrológico da região amazônica é a variação da temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Atlântico equatorial e Pacífico equatorial. Uma série de estudos demonstraram os efeitos do evento El Niño Oscilação Sul (ENOS) na hidrologia da Amazônia. Aceituno (1988) mostrou uma tendência da diminuição de chuva na Amazônia do Norte, durante anos de El-Niño. Marengo (1991, 1992) mostrou que em anos de El-Niño muito intenso, como foram os anos de 1925-26, 1976-76 ou 1982-83, a precipitação do verão foi mais baixa que nos anos normais sobre o norte da Amazônia.

Estudos observacionais realizados por Marengo e Hastenrath (1993), e que foram comprovados por estudos de modelagem do clima de Marengo et al. (1993), mostram que, durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial central (fenômeno do El-Niño), A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCIT) situa-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico tropical. Segundo Consequentemente os ventos alísios de NE são mais fracos, reduzindo a umidade que penetra no interior da região Amazônica. Segundo Lopes et al., (2013) A ZCIT, por sua vez, exerce um papel preponderante na modulação do regime pluviométrico na região equatorial, podendo ser considerada o sistema meteorológico de grande escala de maior importância no Pará, visto que concorre para o estabelecimento do período chuvoso do Estado no decorrer de sua marcha em direção ao hemisfério Sul, durante o verão e outono austral.

Outro fenômeno térmico que interfere diretamente na pluviosidade da Amazônia oriental e o Dipolo do Atlântico, que segundo Souza et al.,(2005) e Ferreira et al., (2013) No Oceano Atlântico, diversos estudos apontam o gradiente inter-hemisférico de anomalias de TSM como um importante mecanismo modulador do clima sobre o Norte/Nordeste do Brasil. O gradiente consiste em uma manifestação simultânea de anomalias de TSM com sinais opostos na bacia tropical norte e sul do Atlântico. Essa configuração gera um deslocamento da ZCIT para o hemisfério com maiores valores de temperatura superficial das águas oceânicas, influenciando assim no regime pluviométrico na Amazônia.

Assim este trabalho visa analisar as condições meteorológicas da Amazônia oriental relacionadas a evolução da temperatura do ar (máxima, mínima e amplitude térmica) e da TSM da região tropical dos oceanos adjacentes (Pacífico equatorial e

Atlântico equatorial) com o objetivo de entender qual parâmetro tem maior influência sobre a precipitação da microrregião de Carajás e da cidade de São Luís do Maranhão durante o período chuvoso, compreendido entre os meses de dezembro á maio (SOUZA et al., 2009).

2. ÁREA DE ESTUDO, DADOS E METODOLOGIA.

A região selecionada para este estudo esta localizada na Amazônia oriental, onde situa-se a estrada de ferro que vai da cidade de Paraupebas ao porto hidroviário de embarque e exportação em São Luis do Maranhão, compreendida entre as latitudes 2° N e 7,5° S, longitudes 41, 5° W e 51, 5° W, passando pela região conhecida como zona do Arco do Desmatamento, que estende sobre todo nordeste, sudeste e sudoeste do estado do Pará.

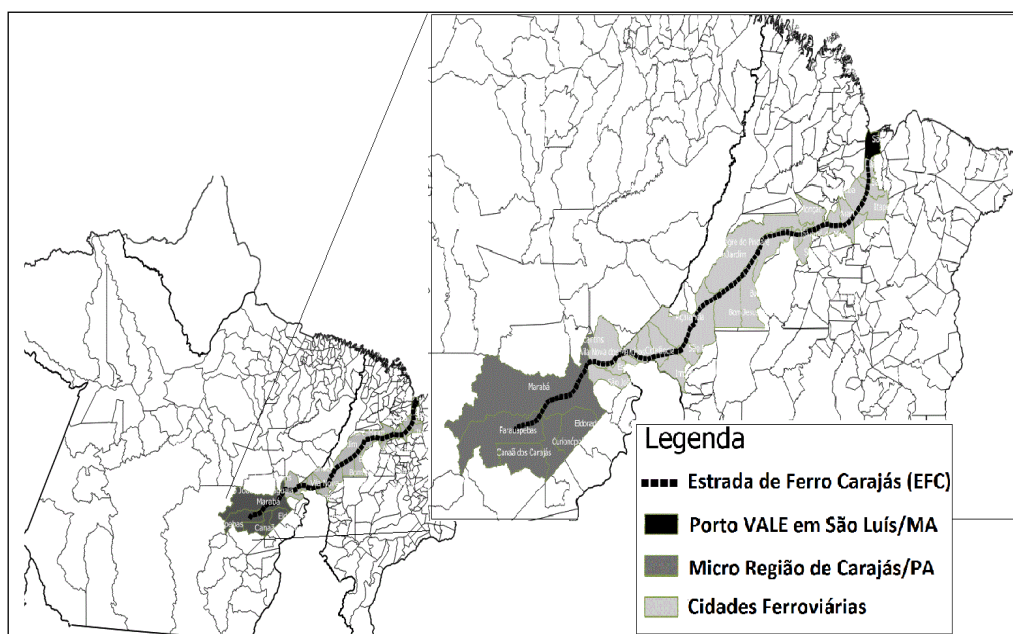


Figura 01 – Área de estudo (Amazônia Oriental).

Os dados utilizados nesta análise foram obtidos juntos ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e na *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), através dos laboratórios de produção de dados de reanalise *National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), nos quais foram solicitadas informações de Temperatura do Ar em graus Celsius (°C) das estações convencionais para as cidades de Marabá e São Luís. Dados de reanalise da anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em graus Celsius (°C) e dados de Precipitação (mm/dia) do GPCP (*Global Precipitation Climatology Centre*) com grade de resolução espacial de 0,5° latitude x 0,5° longitude (entorno de 50 km²), todos entre os anos de 1974 a 2013.

Para o cálculo de anomalia de TSM foi limitada uma variação térmica máxima e mínima de 3°C (Três Graus Celsius) para uma grade de Latitude 25°N e 25°S e longitude 60W à 160E (Figura 2a) na região do Pacífico equatorial, onde foram consideradas as anomalias de TSM das regiões Nino 1+2 (0-10S, 90W-80W),

Nino 3 (5N-5S, 150W-90W), Nino 3.4 (5N-5S, 170W-120W) e Nino 4 (5N-5S, 160E-150W), para a identificação da região com maior influência sobre a temperatura e a precipitação da Amazônia oriental.

Na Figura 2, observa-se que foi definida sobre o oceano Atlântico uma grade de Latitude 30°N Longitude 15°W à 45°W como região de medida da anomalia no Atlântico Norte Equatorial (o qual será chamado de ANT) e Latitude 30°S, longitude 0° à 35W como região de medida da anomalia no Atlântico Sul Equatorial (o qual será chamado de AST).

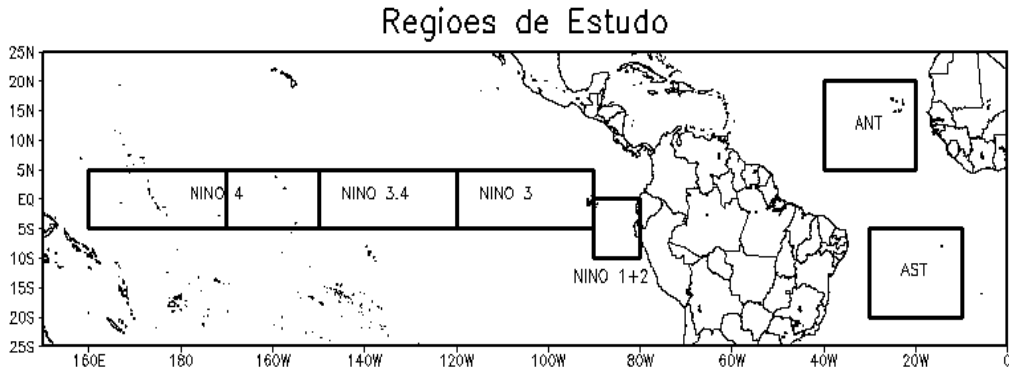


Figura 2 – Oceano Pacífico Equatorial, localização da região dos Ninos 1+2, 3, 3.4 e 4 e oceano Atlântico tropical, localização das regiões de estudo ANT e AST.

Em seguida foi avaliado o grau de correlação das variáveis através do método de Pearson. Este coeficiente é normalmente representado por ρ , o qual assume apenas valores entre -1 e 1, onde o resultado de $\rho = 1$ significa uma correlação positiva perfeita entre as duas variáveis, ou seja, se uma aumenta a outra também aumenta. Se $\rho = -1$ significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, isto é, se uma aumenta a outra diminui. E quando $\rho = 0$ significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. Na análise da correlação os sinais de positivo e negativo indicam a direção, e o tamanho da variável indica a força da correlação (PACHECO, SILVA JÚNIOR e OLIVEIRA, 2012).

O coeficiente de correlação de Pearson é calculado segundo a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Onde: x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis (Temperatura do Ar, TSM e PRP).

Assim, obtêm-se a seguinte tabela:

Tabela 01 – Grau de Correlação de Pearson. Fonte: Áurea Sousa Dept^o.Matemática/UAC

Coefficiente de correlação	Correlação
$\rho = 1$	Perfeita Positiva
$0,8 \leq \rho < 1$	Forte Positiva
$0,5 \leq \rho < 0,8$	Moderada Positiva
$0,1 \leq \rho < 0,5$	Fraca Positiva
$0 < \rho < 0,1$	Ínfima Positiva
0	Nula
$-0,1 < \rho \leq 0$	Ínfima Negativa
$-0,5 < \rho \leq -0,1$	Fraca Negativa
$-0,8 < \rho \leq -0,5$	Moderada Negativa
$-1 < \rho \leq -0,8$	Forte Negativa
$\rho = -1$	Perfeita Negativa

3. RESULTADOS

A partir da análise da variação da temperatura ambiente máxima e mínima, dentro do período chuvoso da região de Carajás, notou-se uma evolução positiva da mesma, sendo que nos últimos quarenta anos (1974-2013) houve um acréscimo de pelo menos 2,6°C sobre a temperatura máxima ambiente e de pelo menos 4,2 °C sobre a temperatura mínima ambiente, indicando que tanto os dias como as noites estão ficando mais quentes, principalmente à noite onde o acréscimo na temperatura foi praticamente o dobro do observado durante o dia. A amplitude térmica também foi alterada, observa-se que no ano de 1974 a amplitude era em média de 9,8 °C, porém até o fim da década de 2000 já estava em 7,1 °C, uma diminuição de 2,7 °C (Figura 3).

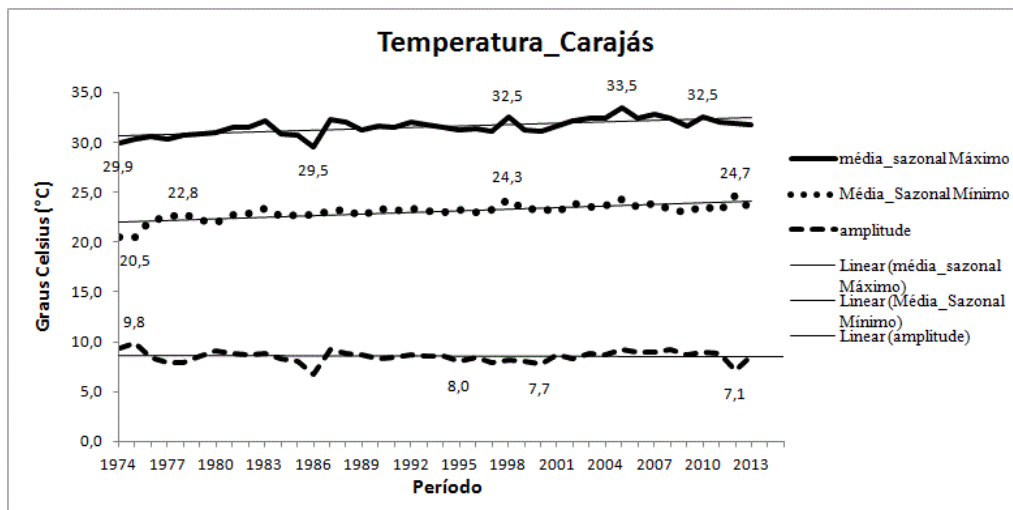


Figura 03 – Variação da temperatura máxima e mínima e amplitude térmica sobre a região de Carajás (Pará).

Na região de São Luís do Maranhão (Figura 04) a variação da temperatura máxima também apresentou uma tendência crescente, sendo que entre os anos de 1974 e 2013 houve um acréscimo de pelo menos 3,6 °C, a temperatura mínima também teve uma elevação, porém bem menor que a temperatura máxima, 1,7°C. Assim, nota-se que os dias e as noites da cidade de São Luis também estão ficando mais quentes, principalmente no período diurno onde as variações térmicas evoluíram de forma bastante significativa. A amplitude térmica apresentou uma tendência crescente, característica provavelmente provocada pela elevação três vezes superior da anomalia térmica diurna sobre a noturna, ou seja, os dias na cidade se São Luis estão ficando mais quentes e as noites mantiveram-se relativamente amenas.

É importante observar que apesar das duas regiões apresentarem as mesmas tendências de crescimento da temperatura, tanto diurna como noturna, a amplitude térmica apresentou sinais diferentes, sendo crescente na região de Carajás e decrescente na cidade de São Luís. Este resultado pode está relacionado às características topográficas e geográficas destas regiões. Pois como a variável em questão que apresentou as alterações que levaram a mudança de sinal da amplitude foi à temperatura mínima, que por sua vez depende intensamente dos processos de interação entre a superfície e a atmosfera. Assim, características locais da superfície, como tipo de cobertura do solo, orografia e proximidade a obstáculos geográficos afetam de maneira significativa esta variável (ACEVEDO e FITZJARRALD, 2003).

As regiões mais altas e desprotegidas de obstáculos geográficos se mantêm mais quentes que as regiões baixas e abrigadas. Isso é explicado pelo fato do vento favorecer deslocamento de massas de ar durante a noite, trazendo ar aquecido de níveis mais altos para junto à superfície, sendo que este processo é facilitado em regiões mais abertas. Por outro lado, quando não há vento suficiente, o esfriamento superficial causa o desacoplamento entre a superfície e os níveis superiores da atmosfera (BATTISTI et al., 2011).

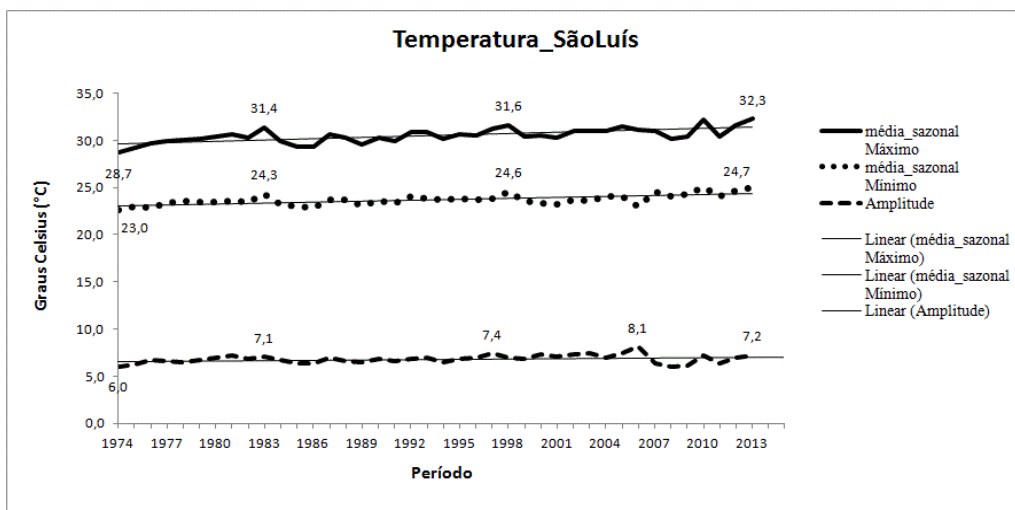


Figura 04 – Variação da temperatura máxima e mínima e amplitude térmica sobre a região de São Luís (Maranhão).

Assim, espera-se que a temperatura mínima da cidade de São Luís, região costeira com relevo relativamente plano e influenciado pelo sistema de brisa marítima durante todo o ano, seja mais elevada que a Temperatura da região de Carajás, distante 500 km, em linha reta, do litoral e cercada de um relevo irregular, formados por morros e cerras que chegam até 700 metros acima do nível do mar em alguns pontos, dificultando a circulação dos ventos.

Porém, este padrão é observado apenas no início do período estudado, ou seja, na década de 1970 quando a temperatura mínima da região de Carajás era 20°C e a de São Luís 23°C (Figura 03 e 04), característica que perdurou até meados da década de 1980, quando a temperatura mínima da região de Carajás ultrapassou a de São Luís e não retrocedeu mais. Esta alteração térmica na região de Carajás, pode estar relacionada à alta degradação ambiental sofrida nesta região, a qual segundo estimativas do INPE, desde a década de 70, pelo menos 71% da vegetação natural foi suprimida devido à atividade antrópica.

Segundo Fearnside (2009), com a ausência a vegetação é esperado que o solo, desmatado, se aqueça cada vez mais elevando a temperatura média do ambiente ao passo que a umidade uma vez retida pela vegetação natural torna-se menor devido à intensificação do processo de evaporação, pois a quantidade de vegetação restante não é suficiente para manter os níveis naturais de umidade. Assim, espera-se uma intensificação da chuva nos momentos iniciais do desmatamento acompanhado, porém, de uma gradual diminuição da precipitação ao longo dos anos. Condição que pode ser observada na figura 05, onde nota-se que o volume pluviométrico, tanto na região de Carajás quanto na de São Luís, está apresentando uma tendência de decréscimo gradual anual.

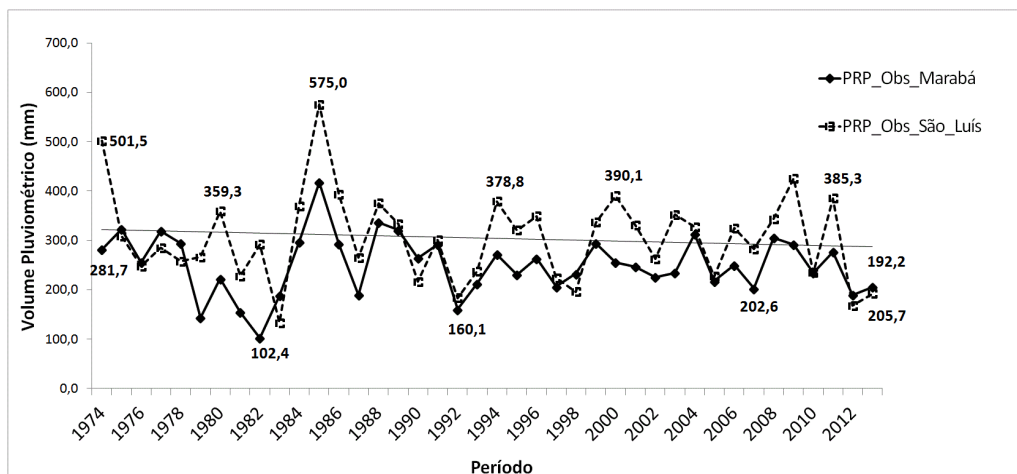


Figura 05 – Variação anual da precipitação do período chuvoso das regiões de Carajás /PA e São Luís/MA.

Contudo, a diminuição da precipitação não pode ser atribuída somente ao desmatamento, pois os fenômenos meteorológicos responsáveis pela modulação da precipitação no período chuvoso da Amazônia estão mais ligados às variações oceânicas que as do ambiente continental local, como a zona de convergência intertropical (ZCIT). A ZCIT é o principal sistema precipitante local, é ela que determina a duração do período chuvoso da região Amazônica (SOUZA et al., 2009).

Outro importante fator determinante da precipitação local são as variações do ENOS (El Niño Oscilação Sul), fenômeno caracterizado pelas anomalias de temperatura (positiva El Niño / negativa La Nina) da superfície do oceano pacífico tropical. Este fenômeno altera a circulação atmosférica zonal interferindo diretamente no transporte de umidade do oceano para o continente (MARENGO e OLIVEIRA, 1998). Sua atuação tem sido bastante estudada devido ao seu significativo impacto sócio ambiental e econômico na Amazônia Oriental e em todo o país (NOBRE e NOBRE, 2002; NOBRE, WERF et al., 2004; SAMPAIO e SALAZAR, 2007; SALINI, 2011).

Para justificar a afirmação colocada em questão, foram feitos cálculos utilizando anomalias climatológicas sazonais da TSM do Atlântico norte e sul, das regiões dos Ninos 1+2, 3, 3.4 e 4, juntamente com a variação térmica local e da precipitação somente para o período chuvoso, na tentativa de observar o grau de correlação da temperatura e da precipitação das cidades de Marabá e São Luís com as variações térmicas oceânicas (Tabela 02).

Nota-se na Tabela 02 que todas as anomalias térmicas correlacionadas apresentaram uma tendência positiva. Onde as temperaturas, tanto de Marabá quanto de São Luís, apresentam uma correlação Moderada Positiva, ou seja, toda vez que ocorrer uma anomalia térmica positiva no atlântico norte, a temperatura ambiente máxima e mínima das duas localidades se elevará, e quanto mais intensa a anomalia mais intensa também será o *feedback* da temperatura ambiente local.

No oceano Pacífico, a região do Niño 4 (5N-5S, 160E-150W) é a que apresenta maior correlação com as localidades estudadas, principalmente com a

cidade de São Luís onde foi obtido uma correlação Positiva Moderada, resultado que mostra a sensibilidade da temperatura do ar às alterações térmicas deste região do Pacífico, no entanto, é do o oceano Atlântico norte tropical que a variação da temperatura ambiente máxima e mínima sofre sua maior influência, chegando a apresentar uma correlação Positiva Moderada na região de Carajás e Forte Positiva na cidade de São Luís.

Este resultado nos leva a conclusão de que apesar da comprovada alteração das condições meteorológicas locais, as ocorrências dos fenômenos El niño e La niña exercem um papel secundário no que diz respeito às mudanças na sensação térmica tanto da região de Carajás quanto de São Luís, sendo está função atribuída ao gradiente térmico oceânico associado ao Atlântico tropical norte.

Tabela 02 - Correlação entre Anomalias térmicas oceânicas e a variação da temperatura máxima e mínima do ar nas Regiões de Carajás e São Luís (os valores em negrito representam os melhores indicadores da correlação).

	Temp_Mar abá	Temp_São_ Luís	Temp_Mar abá	Temp_São_ Luís
	Temp/MAX		Temp/MIN	
TSM_Atlan_Norte	0,7	0,8	0,5	0,7
TSM_Atlan_Sul	0,3	0,2	0,4	0,2
TSM_Nino 1+2	0,3	0,4	0,3	0,4
TSM_Nino 3	0,3	0,5	0,3	0,4
TSM_Nino 3.4	0,3	0,5	0,4	0,5
TSM_Nino 4	0,4	0,5	0,4	0,5

Apesar da temperatura destas localidades possuir uma grande correlação com as variações térmicas oceânicas, principalmente do atlântico, o mesmo não é observado sobre a precipitação (Tabela 03). Nota-se que a precipitação da região de Carajás é mais sensível as alterações térmicas do Pacífico que do oceano Atlântico, principalmente da região do Nino 4 (5N-5S, 160E-150W), sendo todas as correlações Moderadas Negativas, mostrando que a tendência é inversamente proporcional, ou seja, cada vez que ocorre uma anomalia positiva (negativa) a precipitação diminui (aumenta) sobre a região de Carajás.

Quando comparado à variação da temperatura ambiente máxima e mínima com a variação de precipitação, a correlação apresenta-se **Fraca Negativa**, ou seja, a variação térmica local da região Carajás pouco contribuiu no regime pluviométrico climatológico do período chuvoso.

Tabela 03 – Correlação entre Anomalias térmicas oceânicas e a precipitação média acumulada nas regiões de Carajás e São Luís (os valores em negrito representam as maiores valores de correlação).

	Temp_Marabá	Temp_São_Luís
	Precipitação Observada	
TSM_Atlan_Norte	-0,4	-0,5
TSM_Atlan_Sul	0,3	0,2
TSM_Nino 1+2	-0,4	-0,5
TSM_Nino 3	-0,4	-0,5
TSM_Nino 3.4	-0,5	-0,6
TSM_Nino 4	-0,6	-0,6
Média_TSM_Ninos	-0,5	-0,7
TemperaturaMAX	-0,3	-0,7
TemperaturaMIN	-0,2	-0,5
Amplitude Térmica	-0,1	-0,4

Em São Luís, as correlações foram as mais elevadas, condição já esperada devido à cidade esta situada em uma região costeira. Observou-se que a precipitação é tão sensível as variações oceânicas quanto às do ambiente local. Existe uma sensibilidade maior em relação às oscilações do ENOS e a variação térmica local (temperatura ambiente máxima e mínima), do que com o restante das variáveis correlacionadas.

Esta característica pode ser a explicação da grande irregularidade da média pluviométrica do período chuvoso sobre esta região (Figura 05), uma vez que mesmo a precipitação não sofrendo influência direta da maior parte dos fenômenos considerados, a temperatura ambiente (máxima e mínima) às sofrem, que por seguinte influenciam diretamente o regime pluviométrico nestas localidades.

4. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados acima estão de acordo com as análises apresentadas por Beltrão (2008); Souza et al., (2009) e Ávila et al., (2014) que estudando a variabilidade pluviométrica sazonal sobre a Amazônia oriental, por meio da modelagem numérica, concluíram está ocorrendo uma diminuição da precipitação nas regiões onde o desmatamento foi bastante intenso, como no sul e sudeste da Amazônia oriental.

Entre os fatores apontados por esses autores, a interferência antrópica aparece como um dos agentes mais significativos, porém, as mudanças no clima global também aparecem nos estudos de Souza et al., (2009) e Ávila et al., (2014) como grande contribuidor para o quadro de decréscimo do volume pluviométrico,

principalmente na região sudeste do Pará onde esta localizada a microrregião de Carajás.

A pesquisa de Souza et al., (2009) fez simulações com o modelo RegCM4, onde primeiro considerou a influência somente do oceano atlântico e posteriormente do oceano pacífico, constatando que apesar de ambos influenciarem significativamente a região sudeste do Pará, as anomalias de TSM provocadas pelo fenômeno ENOS no oceano pacífico provocavam uma maior alteração no regime pluviométrico do período chuvoso nesta localidade. Porém, o que o modelo simula o oceano como um todo, não distinguindo as regiões dos "Ninos", resultado este que o presente artigo contribui mostrando que dentre as regiões definidas sobre o oceano pacífico é a região do Nino 4 (5N-5S, 160E-150W) apresenta maior correlação com a variabilidade pluviométrica sobre o sudeste da Amazônia oriental.

Com relação a cidade de São Luís, e os resultados encontrados, os pesquisadores Ferreira e Mello (2005) mostraram como a interação oceano atmosfera é importante e fundamental no padrão climático da região nordeste. Principalmente o fenômeno do Dipolo do Atlântico e o ENOS que quando ocorrem simultaneamente podem causar grandes interferências no regime pluviométrico local. O presente artigo contribui com esta pesquisa mostrando que apesar de estar mais próximo do oceano atlântico, a precipitação incidente sobre São Luís sofre uma influencia maior das alterações da TSM no oceano Pacífico que do Atlântico (Tabela 03).

Esta pesquisa é extremamente útil principalmente para a modelagem climática, uma vez que o presente artigo faz referencias geográficas pontuais de regiões que apresentam maior influência sobre os climas do leste e sudeste da Amazônia oriental, informação que pode servir para futuras pesquisas que proporcionem melhorias nas previsões de tempo e clima destas localidades.

5. CONCLUSÃO

A temperatura ambiente (máxima e mínima), das regiões de Carajás e São Luís, é mais sensível às variações térmicas oceânicas do que a precipitação. Foi observado que a temperatura destas localidades apresenta uma correlação que varia de Moderada Positiva à Forte Positiva principalmente com o gradiente térmico do atlântico norte.

O regime pluviométrico mostrou-se mais complexo, pois na região de Carajás o regime pluviométrico está correlacionado principalmente com as variações do pacífico tropical, principalmente com a região do Nino 4. A variação da temperatura do ar não influencia diretamente ou fundamentalmente no regime pluviométrico, o que leva a entender que as mudanças ambientais locais, ainda, não estão interferindo de forma significativa para o aumento ou diminuição das chuvas.

Na cidade de São Luís, o regime pluviométrico apresentou uma correlação Moderada Positiva muito próxima entre as variações térmicas locais e com o oceano Pacífico equatorial, porém não apresentando a predominância de apenas uma das variáveis, mas sim mantendo o mesmo grau de sensibilidades com os dois

gradientes térmicos. A intensidade da interferência ambiental local, medida através da correlação com a variação da temperatura média local, mostrou que a cidade de São Luís já está sofrendo com os efeitos causados pelas alterações do ambiente.

Como observado durante o artigo, a temperatura sofre grande influência tanto oceânica como também antrópica. Assim as mudanças ambientais locais podem já estar contribuindo de forma significativa no regime pluviométrico local.

O presente estudo apresentou informações importantes para a climatologia e a modelagem numérica como: A maior interferência do oceano Pacífico sobre o sudeste da Amazônia oriental e região de São Luís, o ponto geográfico do Niño 4, sobre o Pacífico, cuja oscilação da TSM influencia diretamente sobre a precipitação do sudeste da Amazônia oriental e que o gradiente térmico local influencia o regime pluviométrico de São Luís tanto quando os Fenômenos da oceano-atmosfera diferente da microrregião de Carajás, onde a interferência dos fenômenos de grande escala são mais significativos na modulação do clima local.

6. REFERÊNCIAS

ACEITUNO, P. (1988) On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. *Mon Wea Rev* 116:505–524

ACEVEDO, O. C.; FITZJARRALD, D. R. 2003. In the core of the night – effects of intermittent mixing on a horizontally heterogeneous surface. *Boundary-Layer Meteorology*, 106: 1-33.

ÁVILA, P. L. R.; SOUZA, E. B.; PINHEIRO, A. N.; FIGUEIRA, W. S. Análise da precipitação sazonal simulada utilizando o REGCM4 sobre o estado do Pará em anos de extremos climáticos. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 14, 2237-8642. 2014.

BATTISTI, A.; BRUM, B. V.; ACEVEDO, O. C.; ANABOR, V. Temperaturas mínimas no rio grande do sul. Parte i: comparação entre estações e dependência com a topografia. In: *IV ENCONTRAO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2011.

BELTRÃO, J. C. A influência do Arco do Desmatamento sobre o ciclo hidrológico da Amazônia. 2008. *Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)*. Programa de Pós Graduação. Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

BUSH, M. B. "Fire, climate change and biodiversity in Amazonia: a Late-Holocene perspective." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 363 (2008): 1795-1802.

CLIMANALISE ESPECIAL – Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 14, 1996. Marengo, J., A. Cornejo, P. Satyamurty, C. Nobre and W. Sea, 1997: Cold surges in tropical and extratropical South America: The strong event in June 1994. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2759-2786.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*. VOL. 36(3) 2006: 395 – 400

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. *Revista brasileira de climatologia*, vol. 1, nº 1. 2005.

FERREIRA, D. B. S.; SOUZA, E. B.; MORAES, B. C. Ciclo horário da precipitação no leste da Amazônia durante o período chuvoso. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 13,2237-8642. 2013.

LOPES, M. N. G.; DE SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S. Climatologia Regional da Precipitação no Estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 12,2237-8642. 2013.

MARENGO, J.A; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998. Brasília, DF. *Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 1998. CD-ROM.

MARENGO, 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 / José A. Marengo - *Brasília. Biodiversidade*, v. 26. ISBN 85-7738038-6.2006.

MARENGO, J. A. *Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas E Eventos Climáticos No Brasil*. Fundação Brasileira Para O Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Mudanças Climáticas E Eventos Extremos No Brasil, p.6. 2010. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>.

MARENGO, J., DRUYAN, L., HASTENRATH, S.: 1993, 'Observational and modelling studies of Amazonia interannual climate variability'. *Clim. Change.*, 23, 267-286.

MARENGO, J., HASTENRATH, S.: 1993, 'Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin', *J. Climate*, 6, 617-617.

MEDEIROS, S.S.; CECILIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JUNIOR, J.L.C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas e máximas na região nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 247 - 255. 2005.

NOBRE, C. A; NOBRE A. D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. *Estud. av.* [online]. 2002, vol.16, n.45, pp. 81-90. ISSN 0103-4014.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. *Cienc. Cult.* [online]. 2007, vol.59, n.3, pp. 22-27. ISSN 2317-6660.

PACHECO, B. L. S.; SILVA JÚNIOR, L. G.; OLIVEIRA, L. A. Estudo da relação entre temperatura/altitude e precipitação/altitude aplicando-se os Métodos de correlação e regressão. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.561 - 572, 2012.

PEREIRA, S. A. C. *O Mercado de Minério de Ferro. Monografia*. (Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais), Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

PHILLIPS, O. L. "The changing Amazon forest." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 363 (2008): 1819-1827.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. (Ed.). *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, 1984. 763p.

SALINI, M. F. A influencia do fenômeno El nino oscilação sul – ENOS(La niña e El niño) na ocorrência de inundações no Vale do Taquari - RS. *Monografia (curso de Engenharia Ambiental)*, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul. 2011.

SOUZA, E. B.; MORAES, B. C.; FERREIRA, D. B. S.; MEIRA FILHO, L. G. Dynamical Downscaling for Railroad Areas in Eastern Amazon and Southeastern Brazil: Current Climate and Near-Future Projections. *Atmospheric and Climate Sciences*, 2014,DOI: 10.4236/acs.2014.

SOUZA, E. B.; M. LOPES, N. G.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, J. R. S.; CUNHA, A. C.; SILVA, R. R.; FERREIRA, D. B. S.; SANTOS, D. M.; CARMO, A. M. C.; SOUSA, J. R. A.; GUIMARÃES, P. L.; M. MOTA, A. S.; MAKINO M.; SENNA, R. C.; SOUSA, M. L.; MOTA, G. V.; KUHN, P. A. F.; SOUZA, P. F.; VITORINO, M. I. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Rev. bras. meteorol.* [online]. 2009, vol.24, n.2, pp. 111-124. ISSN 0102-7786. 2009.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 81, p. 177–191, 2005.

WERF, G. R. V; RANDERSON, J. T; COLLATZ, G. J; GIGLIO, L.; KASIBHATLA, P. S; ARELLANO, A. F; OLSEN, S. C; KASISCHKE, E. S. Continental-Scale Partitioning of Fire Emissions During the 1997 to 2001 El Niño/La Niña Period. *Science*, Vol. 303 no. 5654 pp. 73-76. 2004.

Texto submetido à RBCLima na data de 09/20/2014