

Potencial erosivo e anomalias pluviiais como estratégia conservacionista das terras cultivadas em Belterra no Pará

O objetivo neste trabalho foi estimar a erosividade e as anomalias pluviiais em Belterra que é um importante município que integra o polo de grãos do oeste do Pará. Os dados de precipitação pluviial foram obtidos da Base de Dados (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), correspondentes ao período de 1972 a 2017. Estimou-se a erosividade das chuvas considerando-se a precipitação pluviial mensal e anual (mm) para calcular o coeficiente (Rc), considerando-se a precipitação mensal elevada ao quadrado e dividida pelo total de chuva que cai em Belterra. Também foram contabilizados os anos com anomalias pluviiais (IAC) para identificar condições extremas tanto por excesso quanto por redução no volume de água precipitada anualmente e analisado os níveis de erosividade que vão de muito baixa a alta erosividade. Os resultados evidenciaram que o ano mais pluvioso foi 1985 com total de 3.057,0 mm e as menores cotas ocorreram em 1992, contabilizando-se 974,2 mm. No período analisado, estimou-se que a erosividade média anual é de 13.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, indicando alto potencial erosivo em Belterra. Nota-se que nos meses com maior oferta pluviial (janeiro a maio) há elevado potencial erosivo com intensificação em anos de La Niña (anomalias positivas). Em Belterra foram detectados predominância de mecanismos climáticos típicos de El Niño, os quais apresentam anomalias negativas, decorrente da redução das chuvas na região, sendo que o ano mais rigoroso foi o de 1992. O índice de erosividade das chuvas no município de Belterra é elevado entre janeiro e maio, sendo esse o período de intensificação quando ao uso do solo no polo de grãos do oeste do Pará. Em anos com anomalias climáticas como em La Niña forte em que se intensificam as chuvas anuais, ampliam-se as chances de erosão hídrica, principalmente em áreas com solos sem cobertura vegetal. O aumento da área destinada ao cultivo de grãos entre 2014 a 2016 reflete a preocupação quanto aos impactos ambientais, sendo recomendado o uso de práticas conservacionistas como o sistema plantio direto na palha que aponta indicadores de qualidade do solo em outras regiões do Brasil.

Palavras-chave: Erosividade; Chuva; Cobertura do Solo; Uso Antrópico.

Conservationist strategies to minimize erosion potential due to rainfall anomalies on cultivated lands in Belterra, Pará

The objective of this work was to estimate erosive potential and rainfall anomalies in Belterra, an important municipality that integrates centers of grain production in the western portion of the State of Pará. Rainfall data were obtained from the BDMEP database of the National Institute of Meteorology (INMET) from 1972 to 2017. Rainfall erosivity was estimated using monthly and annual rainfall totals to calculate the erosivity coefficient (Rc), where monthly rainfall is squared and divided by the total rainfall in Belterra. In addition, years with rainfall anomalies (IAC) were tracked to identify extreme conditions (excess and deficit volumes) and to analyze low to high erosivity levels. The results show that the rainiest year was 1985 with a total of 3,057.0 mm, and the lowest rainfall occurred in 1992 (974.2 mm). During the analyzed period annual average erosivity was estimated at 13,000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹, indicating a high potential for erosion in Belterra. During the months with greatest rainfall (January to May) there is an elevated potential for erosion that is intensified (positive anomaly) under La Niña conditions. In Belterra there is a predominance of climatic mechanisms typical of El Niño, and negative anomalies are common under this condition due to rainfall reduction in the region, and the strongest year for this was 1992. The erosivity index for Belterra is highest during the period of intensification of soil management (January to May) for grain planting and harvest. During anomalous climatic years such as when a strong La Niña occurs bringing heavy rainfall there is greater potential for erosion caused by superficial water flow, principally in areas with no soil vegetation cover. The increase in area dedicated to grain cultivation that occurred between 2014-16 is cause for preoccupation with respect to impacts from erosion, and conservationist practices are recommended such as no-till planting using mulch, and this is supported by soil quality indicators from studies in other regions in Brazil.

Keywords: Erosion; Rainfall; Soil Cover; Anthropical Use.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **02/12/2018**

Approved: **26/01/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Samária Letícia Carvalho Silva Rocha
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4417126846878673>
samariaufopa@gmail.com

Lucieta Guerreiro Martorano
Embrapa Amazônia Oriental, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9712490260615310>
<http://orcid.org/0000-0003-3893-3781>
lucietta.martorano@embrapa.br

José Reinaldo Pacheco Peleja
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8075780887614315>
reinaldopeleja@yahoo.com.br

José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2670721926559119>
<http://orcid.org/0000-0002-8567-4893>
reinaldojmoraes@gmail.com

Iracenir Andrade Dos Santos
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0269417788620732>
<http://orcid.org/0000-0002-8879-6650>
iracenir@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0017

Referencing this:

ROCHA, S. L. C. S.; MARTORANO, L. G.; PELEJA, J. R. P.; MORAES, J. R. S. C.; SANTOS, I. A.. Potencial erosivo e anomalias pluviiais como estratégia conservacionista das terras cultivadas em Belterra no Pará. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.1, p.211-222, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0017>

INTRODUÇÃO

O potencial erosivo das chuvas ocorre de três formas: desagregação, transporte e deposição (GALDINO et al., 2003). Santos et al. (2010) reforçaram que características como intensidade, duração e frequência dos eventos pluviiais são os fatores que mais interferem no processo de erosão do solo. A energia cinética da gota da chuva promove impacto na superfície do solo sem cobertura, ocasionando o desprendimento de partículas e, conseqüentemente desencadeando o transporte e deposição de sedimentos às áreas mais baixas do terreno, comprometendo assim, a integridade dos corpos hídricos (CORREA et al., 2012).

O Brasil possui cerca de 56% de suas terras com alta fragilidade à erosão hídrica, sendo destacada a região norte por apresentar os mais elevados índices anuais de erosividade pluviiais (TRINDADE et al., 2016). Na Amazônia brasileira os eventos pluviosos intensos desencadeiam diferentes processos erosivos em áreas de cultivo convencional de grãos e, em pastagens em vias de degradação, pois os valores com alto potencial erosivo ficam próximos a 15 mil MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, seguida da faixa entre 12 mil a 9 mil MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, contabilizando-se 12,4% na faixa de muito alta fragilidade; 22,5% de alta fragilidade; 15,0% com média fragilidade e, 50,1% com baixa fragilidade (MARTORANO et al., 2017). Vale destacar que Fearnside (1980) ressaltou sobre a intensificação em perdas de solos agricultáveis pela erosão em áreas destinadas a reforma agrária na Amazônia. O manejo inadequado predispõe à redução da fertilidade e da capacidade produtiva dos solos (GALDINO et al., 2006).

De acordo com Organização de Agricultura e Alimentos das Nações Unidas (FAO, 1967), a erosividade das chuvas pode ser expressa por um índice numérico, identificada pelo fator R que depende da localidade e das condições de cobertura do solo (ELTZ et al., 2011). O índice de erosividade determina a capacidade dos eventos pluviiais causar danos por erosão hídrica no solo e, conseqüentemente o seu potencial depende da intensidade e da energia cinética do impacto das gotas de chuva, estimada pelo índice EI₃₀ (OLIVEIRA JUNIOR, 1996; BERTOL et al., 2006; BERTOL et al., 2010).

O aumento da erosão hídrica está associado com práticas inadequadas de manejo do solo, terrenos com altas declividades e em determinados tipos de cobertura vegetal que oferece baixa proteção contra a ação das chuvas (COGO et al., 2003; COMIN et al., 2014; MARTORANO et al., 2009; MELLO et al., 2007). As pesquisas sobre o manejo e conservação do solo vêm apontando resultados capazes de nortear políticas públicas para a recuperação de áreas em vias de degradação, reduzindo impactos socioeconômicos e ambientais em bacias hidrográficas, devido ao processo acelerado de erosão hídrica em áreas que adotam práticas de manejo do solo tradicional e mecanizada (HICKMANN et al., 2008; MARTORANO et al., 2002; PANAGOS et al., 2018).

A adoção de diferentes estratégias em manejo e conservação do solo, como a sistema em plantio direto na palha e a rotação de culturas promove a manutenção da matéria orgânica no solo, melhora suas características físicas e reduz a ação de chuvas erosivas (SALTON et al., 2008; VEZZANI et al., 2011; VOLK, 2014).

No oeste do Pará, Oliveira et al. (2013) verificaram que produtores de grãos dos municípios de Belterra e Santarém ainda utilizavam práticas tradicionais no preparo do solo, indicando que os problemas de erosão hídrica podem comprometer a conservação das áreas agricultáveis nessa região. Nesse contexto, o objetivo neste trabalho foi estimar a erosividade das chuvas e as anomalias em anos com eventos extremos no contexto da expansão de áreas com soja no Baixo Amazonas, importante polo de produção do Oeste do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Belterra está localizado na mesorregião do Baixo Amazonas paraense e, encontra-se entre as coordenadas geográficas 02° 38' 11" S e 54° 56' 14" W. Possui uma área de 4.398,418 km², com população estimada em 17.624 habitantes (IBGE, 2018). O total médio anual de precipitação pluvial no município é de 1.884,4 mm.

Conforme a classificação de Köppen, adaptado por Martorano et al. (1993), o município de Belterra está regido por dois subtipos climáticos, sendo o Am₃ na porção mais ao norte, caracterizado por apresentar no mês menos chuvoso valor abaixo de 60 mm e totais anuais variando entre 2.000 a 2.500 mm. Na porção mais ao sul de Belterra o domínio climático é típico do subtipo Am₂ com totais anuais variando entre 2.500 e 3.000 mm de chuva (Figura 1).

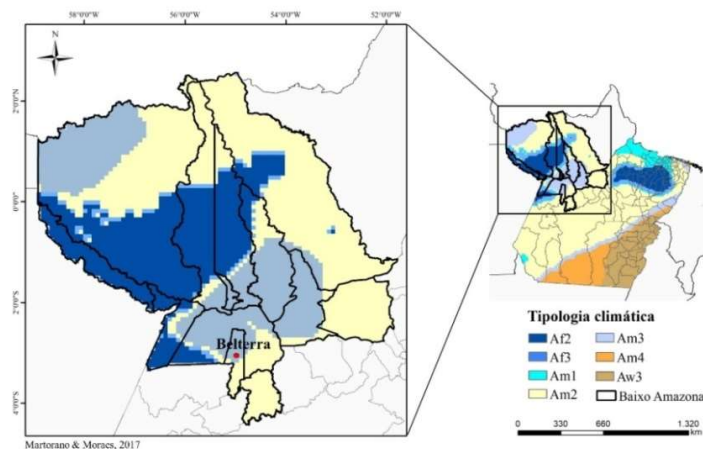


Figura 1: Tipologia climática de Köppen adaptado por Martorano et al. (1993) na mesorregião do Baixo Amazonas paraense.

Os dados de precipitação pluvial do município de Belterra foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao período de 1972 a 2017, totalizando-se 45 anos. Para estimar a erosividade da chuva foram utilizados os valores de precipitação mensal e anual de série histórica homogênea. Considerou-se como referência para análise do índice de erosividade (EI_{30}) a equação 1 proposta por Oliveira Junior (1996), estimada para o município de Conceição do Araguaia (PA). Contou-se ainda com auxílio das equações de Moraes et al. (1991), simulada para o Mato Grosso e utilizada por Rosa et al. (2016) para o município de Rondon do Pará e de Lombardi Neto et al. (1992) usada em Campinas, São Paulo (Tabela 1).

Tabela 1: Equações utilizadas para estimativa do EI₃₀.

Equação	Autor	Localidade
$EI_{30} = 321,5 + 36,20 * R_c$ (1)	Oliveira Junior (1996)	Conceição do Araguaia (PA)
$EI_{30} = 36,849 * \left(\frac{p}{P}\right)^{1,0852}$ (2)	Morais et al. (1991)	Sudoeste do Mato Grosso (MT)
$EI_{30} = 68,730 * \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,841}$ (3)	Lombardi Neto et al. (1992)	Campinas (SP)

Informa-se que na equação 1, EI₃₀ é a energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima observada em um período de 30 minutos, que expressa numericamente o potencial erosivo em (MJ mm⁻¹ ha⁻¹). O R_c refere-se ao coeficiente de chuva (mm); p²: é a precipitação média mensal (mm); e P: é a precipitação total anual (mm). Para categorizar os valores de erosividade no município de Belterra, utilizou-se a classificação proposta por Santos (2008), conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do Índice de Erosividade Anual.

Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Classificação
R ≤ 2500	Muito baixa
2.500 < R < 5.000	Baixa erosividade
5.000 < R < 7.000	Média erosividade
7.000 < R < 10.000	Alta erosividade
R > 10.000	Muito Alta erosividade

Fonte: Santos (2008).

Para determinar o índice de anomalias de chuvas (IAC), utilizaram-se as equações (4) e (5), desenvolvida por Rooy (1965), apresentadas a seguir:

$$IAC = 3 \frac{(PRP - PRPm)}{(x - PRPm)} \quad (4)$$

$$IAC = -3 \frac{(PRP - PRPm)}{(Y - PRPm)} \quad (5)$$

Em que, o IAC representa o índice de anomalia de chuva; PRP (mm) considera a precipitação real registrada; PRPm (mm) corresponde a precipitação média mensal da série histórica; x (mm) é o valor médio considerando-se os dez maiores valores anuais de precipitação observados na série histórica; y (mm) compreende a média dos dez menores valores de precipitação observados na série histórica.

Assim sendo, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) os anos da série histórica foram classificados de acordo com nove categorias (GROSS et al., 2015), descritos na Tabela 3. As anomalias foram denominadas como positivas e/ou negativas, as quais indicam anos com efeitos associados a mecanismos climáticos como o El Niño e a La Niña que desencadeiam redução ou aumento considerável da precipitação pluvial na região norte (REIBOTA et al., 2014).

Para auxiliar na identificação do volume de água na Bacia do Rio Tapajós, fez-se um levantamento de dados de cotas fluviais, correspondentes aos anos de 2006 e 2007, extraídos do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA). Ressalta-se que devido a falhas de registros e inexistência de dados históricos foram utilizados apenas dois anos que apresentaram série homogênea.

Também, para subsidiar as análises referentes às prováveis áreas suscetíveis as perdas de solo pelo potencial erosivo das chuvas quando não manejadas corretamente, fez-se o levantamento de dados da

expansão agrícola da soja no polo de grãos nos municípios de Belterra, Santarém e Mojuí dos Campos. As informações de áreas plantadas de grãos foram obtidas a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo realizada neste trabalho uma análise no período entre 2005 a 2016. Destaca-se que as áreas plantadas no município de Mojuí dos Campos só foram incluídas nas análises a partir de sua emancipação (2012), sendo, anteriormente, contabilizadas para Santarém.

Tabela 3: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente chuvoso
3,00 a 3,99	Altamente chuvoso
2,00 a 2,99	Moderadamente chuvoso
0,5 a 1,99	Baixa quantidade de chuva
-0,49 a 0,49	Normal
1,99 a -0,5	Redução suave de chuva
-2,00 a -2,99	Moderada redução de chuva
-3,00 a -3,99	Alta redução de chuva
$\leq -4,00$	Redução extrema de chuva

Fonte: Adaptado de Gross et al. (2015).

RESULTADOS

Ao analisar a série histórica homogênea, verificou-se que o valor máximo de precipitação ocorreu no ano de 1985 (3.057 mm) e o mínimo em 1992 (974,2 mm), visualizado na Figura 2. Ressalta-se que 1985 foi o ano mais pluvioso coincidindo também com o maior índice de erosividade do período estudado (18.636 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹).

Por outro lado, em 1992, 1981 e 1983 os valores não ultrapassaram de 9.441 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Os índices anuais mínimo, médio e máximo do EI₃₀ no município de Belterra foram de 8.899, 13.057 e 18.636 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Os valores médios anuais obtidos pelas equações de Moraes et al. (1991) e Lombardi Neto et al. (1992), foram 12.978 e 9.625 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, indicando que os valores obtidos pela equação 2 foi bem similar aos encontrados pela equação 1.

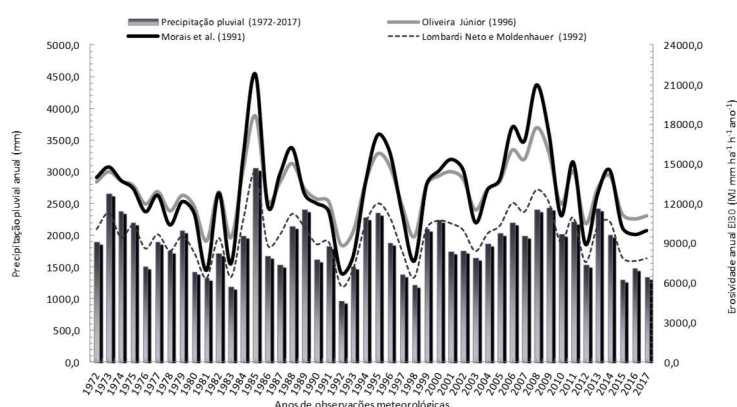


Figura 2: Erosividade e precipitação pluviométrica anual das chuvas no município de Belterra, Pará, no período entre 1972 a 2017.

Na série temporal do período analisado (1972 a 2017), os anos que apresentaram potencial erosivo mais elevados foram 1985, 2008 e 2006, na sequência em ordem de grandeza. Observa-se que o município

de Belterra enquadra-se na classificação muito alta quanto ao potencial erosivo das chuvas. Os valores mais baixos foram obtidos considerando-se a equação de Lombardi Neto et al. (1992), indicados pela linha pontilhada e mesmo assim, incluem-se na faixa de alta erosividade, com valores médios superiores a $9.600 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Na Figura 3 representou-se a distribuição da precipitação pluvial média mensal e os índices de erosividade do período analisado. Os meses de janeiro a maio foram os mais chuvosos, com destaque para março que contabilizou-se valores médios de 317,8 mm, sendo também o mais erosivo com $2.432,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. O período menos chuvoso ocorreu entre julho e novembro, com destaque para o mês de setembro, com precipitação média mensal de 33 mm e erosividade inferior a $360 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$.

Percebe-se que houve similaridade dos resultados nos meses menos chuvosos quando aplicadas as equações de Moraes et al. (1991) e Lombardi Neto et al. (1992). Porém, nos meses com maior volume de chuva mensal, a erosividade calculada pela equação 2 apresentou os maiores valores, evidenciando os maiores ajustes na equação proposta por Moraes et al (1991).

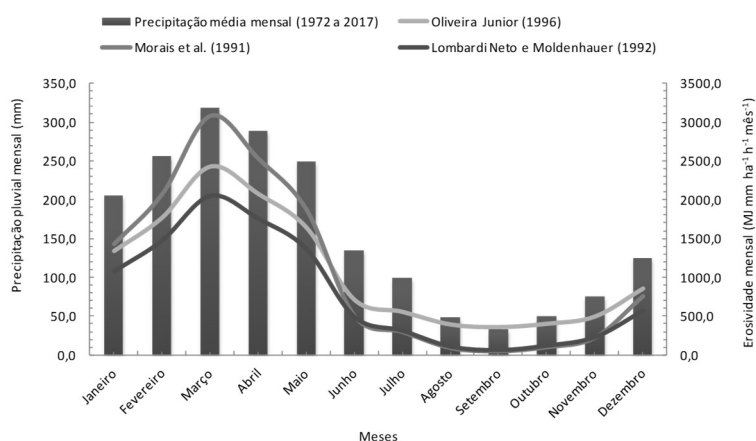


Figura 3: Volume médio mensal de chuva e erosividade média mensal em Belterra no período de 1972 a 2017.

Ao avaliar o nível no rio Tapajós é notório que houve um retardamento em 2006, pois março foi o mês mais chuvoso em Belterra e o nível mais elevado no Tapajós só ocorreu em abril de 2006 com 12,52 metros de lâmina d'água. Já em 2007 o nível mais elevado ocorreu em fevereiro com 12,67 metros, indicando que não necessariamente coincide com o volume de chuva precipitada e que outros fatores podem influenciar nesse processo como os fenômenos climáticos com El Niño e La Niña. Portanto, o nível d'água na rede de drenagem deve ser investigado para avaliar efeitos associados ao transporte de água e sedimento, principalmente nos rios e igarapés que recebem influência direta da expansão agrícola e integram a bacia do Tapajós (Figura 4). Ao analisar a Figura 5 destaca-se que 1973 e 1985 tiveram os maiores valores de precipitação pluvial e foram classificados como anos extremamente chuvosos (anomalia positiva) indicando efeitos do fenômeno La Niña no regime de chuva na região.

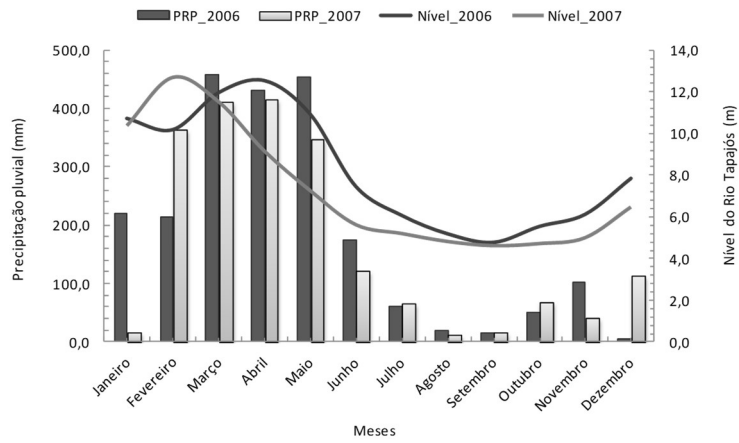


Figura 4: Valores de precipitação pluviométrica (mm) e nível do Rio Tapajós (m) referente aos anos de 2006 e 2007.

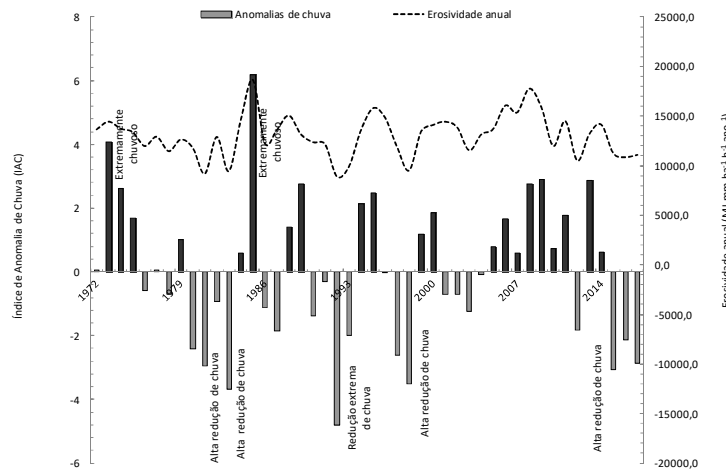


Figura 5: Índices de Anomalias de Chuva (IAC) no município de Belterra no período de 1972 a 2017.

Os anos considerados anômalos com extrema ou alta redução de chuvas foram 1992, 1981, 1983, 1998 e 2015, respectivamente, os quais foram avaliados com ocorrência do fenômeno El Niño. As anomalias negativas predominaram em Belterra, contabilizando-se cinco anos com redução de chuvas abaixo da média, típicos de influência de mecanismos climáticos do tipo El Niño. Percebe-se que a erosividade tem variações em decorrência de anos com efeitos de El Niño e La Niña. Os municípios de Belterra e Santarém tinham as maiores áreas com grãos até 2012. Porém, em 2013 com a criação do Município de Mojuí dos Campos as áreas plantadas no novo município passaram a ter destaque, que antes eram contabilizadas para Santarém (Figura 6).

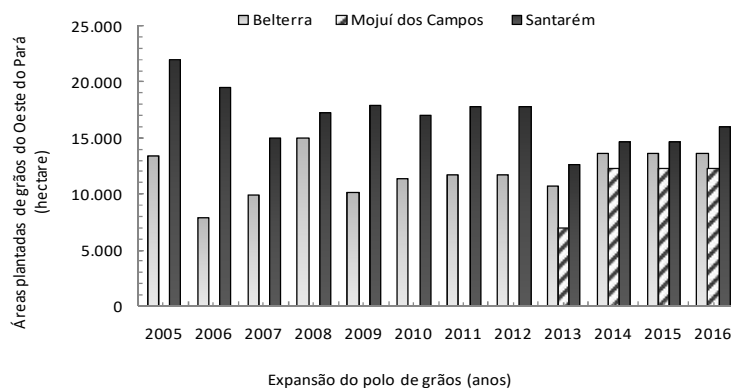


Figura 6: Expansão da área plantada do polo de grãos no município de Belterra e entorno.

Como essas áreas recebem o impacto da intensa mecanização, em períodos que esses solos não estejam cultivados, principalmente, sem a adoção de práticas conservacionistas como o plantio direto na palha, ampliam-se os riscos ao processo erosivo das chuvas quando o solo estiver exposto às intempéries de agentes de tempo e clima na região.

DISCUSSÃO

Valores superiores para as médias anuais de erosividade foram encontrados por Rosa et al. (2016) em Rondon do Pará com totais de $16.390 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para uma média anual de 1.710,5 mm de chuva, corroborando com o uso da equação de Morais et al. (1991) testadas neste trabalho. No município de Conceição do Araguaia, sudeste paraense, com precipitação anual de 1.720,6 mm o valor médio foi 11.487,5 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (OLIVEIRA JUNIOR, 1996). Utilizando a equação proposta por Lombardi Neto et al. (1992) no Estado de Goiás e Distrito Federal, os valores médios obtidos por Galdino (2015) foram de 8.000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e a precipitação anual para as duas localidades apresentaram média de 1.531 mm.

Em 1973 a quantidade de chuva precipitada em Belterra foi 2.657,2, sendo o segundo maior valor registrado entre os 45 anos de dados analisados. Contudo, ressalta-se que apesar de um expressivo volume, o EI_{30} deste referido ano foi 14.430,8 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esse resultado pode ser explicado pela homogeneidade na distribuição das chuvas mensais no decorrer do ano (LOMBARDI NETO et al., 1992).

Em outros anos, como 2008, em que o volume médio de chuva anual não ultrapassou de 2.406,9 mm, a erosividade foi superior a 17.700 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo inferior a 1985 (ano mais erosivo), indicando que a erosividade depende de outros fatores além da quantidade precipitada (BACK et al., 2017). Essa análise indica que quando as chuvas se concentram em determinados meses do ano o potencial erosivo tende a elevar-se, como ocorreu em março de 2008 (737,1 mm) e dezembro de 1985 (753,9), onde os totais de chuva em apenas um mês corresponderam cerca de 31 % e 25 % do volume anual precipitado, respectivamente.

De acordo com Trindade et al. (2016) a distribuição das chuvas no decorrer do ano é a principal causa que influencia os valores do coeficiente de chuva (R_c). Conforme os autores, devido a intensidade da chuva ser o principal parâmetro considerado para determinação do valor de erosividade, destacam-se que a concentração das chuvas em determinados meses do ano interferiram nos resultados dos índices de erosividade calculados.

Estudos realizados por Almeida et al. (2017), compreendendo nove estados do Nordeste onde a precipitação pluvial anual média varia entre 290 e 1.300 mm por ano, os valores anuais médios de erosividade foram de 2.988 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, indicando que as chuvas anuais no semiárido apresentam reduzido potencial erosivo quando comparados aos valores obtidos em Belterra, no Bioma Amazônia.

Rieger et al. (2014) no município de Sinop, Mato Grosso, verificaram valores de erosividade de 16.220 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em termos de precipitação média anual de 1.974,0 mm. No Rio Grande do Sul, com dados pluviiais do município de Santa Rosa, os valores médios anuais ultrapassaram os 11.000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$

1 ano^{-1} (MAZURANA et al., 2009), a precipitação pluvial média anual foi de 1.832 mm, resultado bem semelhante ao encontrado em Belterra.

As médias de erosividade mensal ultrapassaram os $1.800 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, valores considerados críticos quanto aos riscos de erosão. Vale ressaltar que embora em setembro foi encontrado o menor valor em Belterra ($360,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), quando comparado com outras regiões do país ainda é considerado elevado. Almeida et al. (2017), no semiárido brasileiro encontraram valores de $57 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ para o mês de setembro. Pela equação de Morais et al., (1991), no município de Rondon do Pará, Rosa et al. (2016) encontraram o total de $18,88 \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ para o referido mês. A determinação dos valores médios de erosividade mensal serve para detectar os meses mais propícios ao potencial erosivo indicando a necessidade de manutenção da cobertura vegetal para reduzir as ações erosivas das chuvas (PANACHUKI et al., 2011; ZOLIN et al., 2016).

Portocarrero et al. (2006) ao estudarem os efeitos da vegetação no controle de erosão ressaltaram que a mesma atua na redução da velocidade do escoamento superficial, evitando a formação de ravinas sulcos e voçorocas. A cobertura vegetal possui também o papel de proteção dos corpos hídricos, podendo reduzir o aporte de sedimentos e poluentes em microbacias hidrográficas (AGUIAR et al., 2014). Contudo, quando os solos perdem a vegetação nativa por desmatamento, os cursos de água ficam mais vulneráveis ao processo erosivo e ao arraste superficial de nutrientes para o meio aquático (GEBLER et al., 2012).

Ressalta-se ainda que no período com menor pluviosidade na região (julho a novembro) a evapotranspiração aumenta, transportando umidade para atmosfera e formando aglomerados de nuvens convectivas, devido as elevadas temperaturas (PISMEL et al., 2016). Assim, são mais propícias as ocorrências de chuvas intensas em curto intervalo de tempo, e, conseqüentemente, em eventos desse tipo, observa-se a intensificação do processo erosivo nas áreas com solo desprotegido (CARVALHO et al., 2016).

Por outro lado, o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) influencia na redução das chuvas na Amazônia (SANTOS et al., 2014), devido a modulação de mecanismos associados ao comportamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), nos oceanos Pacífico e Atlântico (LIMBERGER et al., 2016). Como a precipitação pluvial é a variável meteorológica que está diretamente relacionada ao aporte de água no solo para os cultivos agrícolas de sequeiro, há necessidade da compreensão da interferência dos fenômenos oceânicos e atmosféricos nas variações do volume e distribuição de chuvas (TERASSI et al. 2017).

As atividades agrícolas são sensíveis às anomalias climáticas e os produtores rurais necessitam de prognósticos climáticos com indicativos de redução ou abundância de chuvas sobre anos que os sistemas de previsão de tempo e clima classificam de El Niño e La Niña (CUNHA et al., 2011). Vale destacar que os aconselhamentos agrometeorológicos são realizados com base em modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas e visam subsidiar o planejamento em anos safras, minimizando perdas ambientais, econômicas e até sociais causadas por eventos climáticos extremos (MARTORANO et al., 2012).

A supressão de floresta para inserção de novas áreas produtivas pode desencadear processos erosivos. Oliveira et al. (2013) ao analisar os custos da produção de soja no município de Santarém

constataram que dos 20 produtores entrevistados, 18 deles não utilizavam práticas de manejo conservacionista do solo, apontando que 80% da produção com agricultura tradicional não satisfaz indicadores econômico e ambiental de sustentabilidade no processo produtivo.

O potencial erosivo das chuvas em Belterra apresentou valores elevados evidenciando a importância de manutenção da cobertura vegetal do solo e prática como o uso do plantio direto em áreas plantadas, como estratégia mitigadora da erosão hídrica no polo de grãos quando os cultivos anuais predisõem o solo ao impacto das gotas de chuva (SANTOS et al., 2017).

CONCLUSÕES

O índice de erosividade das chuvas no município de Belterra é elevado entre janeiro e maio, sendo esse o período de intensificação quando ao uso do uso no polo de grãos do oeste do Pará. Em anos com anomalias climáticas como em La Niña forte em que se intensificam as chuvas anuais, ampliam-se as chances de erosão hídrica, principalmente em áreas com solos sem cobertura vegetal. O aumento da área destinada ao cultivo de grãos entre 2014 a 2016 reflete a preocupação quanto aos impactos ambientais, sendo recomendado o uso de práticas conservacionistas como o sistema plantio direto na palha que aponta indicadores de qualidade do solo em outras regiões do Brasil.

AGRADECIMENTOS: Os autores expressam seus agradecimentos às instituições como Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pela parceria científica que foi fundamental para a realização deste trabalho. Ao Programa de Educação Tutorial-PET Conexões de Saberes de Estudos Interdisciplinares: Comunidades do Campo e ao FNDE pela concessão de bolsa PET à primeira autora.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.6, p.983-992, 2014.

ALMEIDA, A. Q.; SOUZA, R. M. S.; LOUREIRO, D. C.; PEREIRA, D. R.; CRUZ, A. S.; VIEIRA, J. S.. Modelagem da dependência espacial do índice de erosividade das chuvas no semiárido brasileiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.52, n.6, p.371-379, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000600001>

BACK, A. J.; POLETO, C.. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, n.13, 2017.

BERTOL, I.; MELLO, E. L.; COGO, N. P.; VÁSQUEZ, E. Q.; GONZALÉZ, A. P.. Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.715-722, 2006.

BERTOL, I.; ZOLDAN JUNIOR, W. A.; GONZALÉZ, A. P.; BARBOSA, S. T.; WERNER, R. S.. Sediment transport in runoff

on rugous soil surface submitted to simulated rainfall. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.67, n.5, p.591-597, 2010.

CARVALHO, M. F. O.; CARDOSO, M. F.; ALMEIDA, B. N.. Estimativa do Risco de Incêndios Florestais com Base em Fitofisionomias e Fatores Climáticos. **Biodiversidade Brasileira**, v.6, n2, p.187-204, 2016.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.743-753, 2003.

COMIN, J. J.; LOVATO, P. E.. **Manejo para qualidade do solo**. Florianópolis: Centro Tecnológico, 2014.

CORREA, I. M. C.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C.; TAKIZAWA, M. M.. Rugosidade da Superfície de um Cambissolo Húmico Relacionada com o Preparo e Compactação do Solo Sob Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.567-576, 2012.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, D. A.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SILVA, A. A. G.; ASSAD, E. D.; ROSA, G. M.. El

Niño e Lã Niña. Oscilação sul e seus impactos na agricultura brasileira. Fatos, especulações e aplicações. **Revista plantio direto**, v.20, n.121, p.18-22, 2011.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B.. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.331-337, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La erosión del suelo por el agua**: Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma: Organization of Las Naciones Unidas, 1967.

FEARNSIDE, P. M.. A previsão de perdas de terra através de erosão do solo sob vários usos de terra na área de colonização da Rodovia Transamazônica. **Acta Amazônica**, v.10, n.3, p. 505-511, 1980.

GALDINO, S.. **Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A.. **Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari-Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; SORIANO, B. M. A.. **Erosão na Bacia do Alto Taquari**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

GBLER, L.; BERTOL, I.; GOBBI, E.; LOUZADA, J. A. F.. Comportamento do arraste superficial de fósforo reativo por enxurrada sob diferentes coberturas vegetais na cultura da maçã em regime de chuvas simuladas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.17, n.2, p.101-110, 2012.

GROSS, J. A.; CASSOL, R.. Ocorrências de índices de anomalia de chuva negativos no estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.9, n.2, 2015.

HICKMANN, C.; ELTZ, F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M.. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada**: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente. 2018.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S.. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp-Espaço e Tempo**, v.20, n.3, p.657-675, 2016.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C.. Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com a perda de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.2, n.51, p.189-196, 1992.

MARTORANO, L. G.; GALDINO, S.; D'AGOSTINI, L. R.; PONCE, S. A. HERNANI, L. C.; CUPERTINO, J. L.; COSTA, C. A.; VIEIRA, L. M.; ROSSO, J.; COSTA, A. R. C.; RAMALHO FILHO, A.; COUTINHO, H. L. C.. **Índice de desempenho ambiental na Bacia do Alto Taquari/MS**: Aspectos metodológicos. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2002.

MARTORANO, L. G.; LISBOA, L. S.; VILLA, P. M.; MORAES, J. R. S. C.. Fragilidade das terras pelo processo erosivo das chuvas em áreas antrópicas e declivosas na Amazônia Legal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 36. **Anais**. Belém: SBSCS, 2017.

MARTORANO, L. G.; LISBOA, L.; MEIRELLES, M. S. P.; SCHULER, A.. Erosive Potential of Rainfalls in the Climate Change Scenarios in the Upper Taquari RiverMBasin, MS, Brazil. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL RESEARCH ON FOOD SECURITY, NATURAL RESOURCE MANAGEMENT AND RURAL DEVELOPMENT. **Anais**. Hamburg, 2009.

MARTORANO, L. G.; NECHET, D.; PEREIRA, L. C.. Tipologia climática do Estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teórica**, v.23, p.45-46, 1993.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; FARIA, R. T.; DALMAGO, G. A.. Decision Strategies for Soil Water Estimations in Soybean Crops Subjected to No-Tillage and Conventional Systems, in Brazil. In: INTECH. PROBLEMS, PERSPECTIVES AND CHALLENGES OF AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT, 22. **Anais**. 2012. p.439-456.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C.. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.975-983, 2009.

MELLO, C. R.; CAROLINO DE SÁ, CURI, N., MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M.. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.537-545, 2007.

MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E. DURIGON, E.. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.339-344, 1991.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.. **Índice de erosividade das chuvas na região de Conceição do Araguaia, Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1996.

OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.43, n.1, p.23-32, 2013.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777-1785, 2011.

PANAGOS, P.; STANDARDI, G.; BORRELLI, P.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L.; BOSELLO, F.. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. **Land Degradation and Development**, v.29, n.3, p.471-484, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1002/ldr.2879>

PISMEL, V. A. M.; MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; LISBOA, L. S. S.. Focos de Calor Associados ao Efeito do El

Nino na Floresta Nacional do Tapajós e Seu Entorno. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.122, n.19, 2016.

PORTOCARRERO, H. ANDRADE, A. G.; CAMPOS, T. M. P.; FERNANDES, N. F.. **Aspectos Hidrológicos e Mecânicos da Vegetação na Estabilidade de Taludes e Encostas Naturais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

REIBOTA, M. S.; SANTOS, I. A.. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.15, n.10, p.28-48. DOI: <http://doi.org/10.5380/abclima>

RIEGER, F. A.; ZOLIN, C. A.; MAGALHÃES, C. A. S.; PAULINO, J.; FARIAS NETO, A. L.; MENEGUCI, J. L. P.. Perda de água e sedimentos em diferentes usos do solo. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2; BRAZILIAN SYMPOSIUM ON SALINITY, 2; BRAZILIAN MEETING ON IRRIGATION ENGINEERING, 2. **Anais**. Fortaleza: Inovagri, 2014. p.9.

ROOY, M. P.. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos Pretoria**, v.14, p.43-48, 1965.

ROSA, A. G.; SOUSA, A. M. L.; COSTA, J. A.; SOUZA, E. B.. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.11, n.4, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

SALTON, J. C. J.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. M.. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SANTOS, C. N.. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, 2008.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C.. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.115-123, Campina Grande, 2010.

SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G.; GUTIERREZ, C. B. B.; PONTES, A. N.; SILVA, O. L.; GUTIERREZ, D. M. G.. Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará. **Revista ESPACIOS**, v.38, n.2, 2017.

SANTOS, S. R. Q.; BRAGA, C. C.; SANTOS, A. P. P.; BRITO, J. I. B.; CAMPOS, T. L. O. B.. Classificação de Eventos Extremos de Precipitação em Múltiplas Escalas de Tempo em Belém-PA: Utilizando o Índice de Precipitação Normalizada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.4, p.629-635, 2014.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.. Variabilidade pluviométrica e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III E IV -Paraná. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v.39, p.76-91, 2017.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E.. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.51, n.12, p.1918-1928, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J.. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.213-223, 2011.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.565-574, 2014.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; MATOS, E. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; ALMEIDA, F. T. SOUZA, A. D.; MINGOTI, R.. Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1223-1230, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900022>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenera Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.