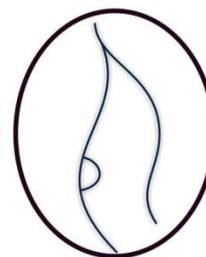




INTERFACE  
ISSN 1806-6062



nemad.webnode.com - Interface, Edição número 06, maio de 2013

---

## Estudo dos impactos do ritmo pluvial no balanço hídrico climatológico para a primavera-verão 2006/2007: a relação entre clima e produtividade de soja em Pedro Afonso – TO

Aion Angelu Ferraz Silva<sup>1</sup>  
Lucas Barbosa e Souza<sup>2</sup>

### Resumo

O clima é fundamentado pela interação dinâmica de seus elementos, os quais interferem em diversas atividades humanas, como por exemplo, a agricultura. Ainda são escassos os estudos que relacionem a influência do clima, em especial da chuva, sobre a cultura de soja no Tocantins. Ao comparar os dados de produtividade de soja no município de Pedro Afonso-TO, verifica-se que houve queda de produtividade durante o ano agrícola 2006/2007, estando esse fato intrinsecamente relacionado ao ritmo pluvial. Compararam-se as informações das médias climáticas com os dados reais do período de estudo, buscando compreender nas escalas mensal e, principalmente, diária, a sucessão dos tipos de tempo e a dinâmica atmosférica na gênese pluvial, juntamente com seus desdobramentos no Balanço Hídrico do solo. Os resultados obtidos demonstram que os meses de Novembro, Janeiro e Março tiveram totais pluviométricos muito abaixo das médias históricas. Por meio da técnica de Análise Rítmica foi possível constatar que a baixa pluviosidade, aliada às altas temperaturas desses meses, ocasionaram deficiência hídrica no solo em momentos cruciais do desenvolvimento fenológico da soja, mais especificamente na germinação, enchimento dos grãos e, sobretudo, no período de floração. Estes fatos propiciaram stress hídrico nas plantas, impactando negativamente sua produtividade em Pedro Afonso.

Palavras chave: Análise Rítmica, Soja, Climatologia Geográfica, Pedro Afonso-TO.

### Abstract

The climate is substantiated by the dynamic interaction of its elements, which interfere in various human activities such as agriculture. The studies that relates the influence of climate are still really scarce, especially about the rain on soybean in Tocantins. By comparing the data of soybeans in the municipality of Pedro Afonso-TO, it turns out that there was a decline in productivity during the agricultural year 2006/2007, this fact being intrinsically related to rain rate. The information climate averages was compared with the actual data of the study period, in order to understand and monthly scales, mainly daily, the succession of types of weather and atmospheric dynamics in the genesis rain, with its deployment in Hidric Balance of the soil. The results show that the months of November, January and March rainfall totals were well below historical averages. Through the technique of Rhythmic Analysis was established that the low rainfall, combined with the high temperatures of these months, led to soil water deficit in crucial moments of the phenological development of soybean, specifically in germination, grain filling, and especially in the period flowering. These facts propitiated water stress in plants, negatively impacting its productivity in Pedro Afonso.

Keywords: Rhythmic Analysis, Soybeans, Geographical Climatology, Pedro Afonso-TO.

---

<sup>1</sup> aion.semades@gmail.com;

<sup>2</sup> lbsgeo@uft.edu.br.

## 1. Introdução:

O homem vem se adaptando e transformando o ambiente ao seu redor desde o momento que ele começou a interagir com o meio que o circunda. Essas ações foram e ainda são influenciadas pelos fatores naturais em sua constante dinâmica, interferindo de forma incisiva, tanto beneficiando como também prejudicando as atividades humanas no espaço geográfico. De todas as atividades antrópicas que são desenvolvidas desde os primórdios da humanidade, a agricultura foi a que mais beneficiou e condicionou o desenvolvimento humano, a qual é constantemente influenciada pelas características ambientais, sobretudo aquelas relacionadas à dependência do clima.

O desenvolvimento da agricultura necessitou *a priori*, que o homem obtivesse o conhecimento empírico necessário da dinâmica climática e dos fatores edáficos de cada localidade. Este conhecimento básico possui como objetivo a melhor compreensão dos fatores naturais responsáveis pelo desenvolvimento de quaisquer atividades agrícolas, desde o momento do plantio até a colheita. No que tange ao clima, a percepção das mudanças dos tipos de tempo e das suas sucessões durante as estações do ano foi e ainda é essencial para que se conheça o regime climático de qualquer porção da superfície terrestre, sobretudo em relação ao regime pluvial. O conhecimento empírico utilizado para analisar e compreender o clima possui o objetivo de melhor adequar o pleno desenvolvimento das culturas agrícolas às condições ambientais, adaptando-as para cada período do ano e em cada local de acordo com suas características geográficas (TETILA, 1983).

De acordo com Garcia (1996, p. 169), o crescimento e o desenvolvimento das plantas “estão condicionados, em maior ou menor grau, pelos elementos do clima, que atuam de forma direta, determinando sua evolução e limitando sua expansão”. Esta particularidade determina enfaticamente todos os momentos da produção agrícola, pois as variáveis climáticas condicionam os momentos e ações necessárias na agricultura, desde a preparação do solo,

semeadura, crescimento dos cultivos, colheita, armazenagem e transporte até os estágios finais de comercialização (AYOADE, 2007).

Na concepção de Sorre (1951), o clima é caracterizado pela sucessão habitual dos tipos de tempo, sendo que estes são constituídos pela interação entre os diferentes elementos climáticos (temperatura, pressão, umidade, pluviosidade, velocidade do vento, etc.) e os fatores climáticos (latitude, altitude, presença de corpos hídricos, uso e ocupação do solo, etc.). Portanto, as sucessões dos estados atmosféricos impactam de forma heterogênea as diversas porções da superfície terrestre, sendo condicionadas de acordo com as distintas características geográficas e em múltiplas escalas espaciais. Desse modo, o clima é determinante, em maior ou menor grau, tanto na regionalização espacial da produção como também no desenvolvimento fenológico de todas as culturas agrícolas.

Os padrões “habituais” do clima beneficiam o plantio e o desenvolvimento de diversos tipos de culturas, pois essa característica coincide com a quantidade de chuva necessária para o pleno desenvolvimento do vegetal, em consonância com a média dos elementos climáticos esperadas para uma determinada localidade (média histórica [RAMOS *et al*, 2009]). O quantitativo pluviométrico esperado ou habitual interfere de modo direto em diversos estágios ligado à agricultura, desde o início até o final da fase produtiva, como por exemplo: maior produtividade (quantidade colhida em determinada porção de espaço plantado); melhor qualidade da colheita; geração de prognósticos do que e onde plantar (regionalização geográfica de acordo com as características ambientais adequadas às variedades e diversidades de culturas agrícolas); e quais os melhores momentos do ano para plantar (calendário agrícola).

Existem também condições que fogem do “habitual climático”, ou seja, são condições meteorológicas intensas (podendo tanto ser de altos quantitativos de chuva como também de momentos com secas), as quais constituem as excepcionalidades climáticas. As

excepcionalidades acabam proporcionando comportamentos extremos do clima, que são na maioria das vezes responsáveis por resultar negativamente na produtividade dos cultivos agrícolas, podendo conseqüentemente alterar as previsões e planejamentos da safra. A climatologia agrícola possui como característica determinante o seu caráter geográfico por meio do ritmo e das variações dos elementos atmosféricos ao longo do ciclo vegetativo de uma cultura, os quais possuem a capacidade de determinar ganhos ou perdas de rendimentos das safras (MARIANO *et al*, 2006).

Da diversidade de culturas agrícolas utilizadas no Brasil, a soja pode ser considerada um caso de sucesso. Originalmente a soja é característica da região do nordeste da China, muito provavelmente da região compreendida pela Manchúria. As condições ambientais as quais a soja está naturalmente adaptada diferem em diversos aspectos daquelas encontradas no território brasileiro (COSTA, 1996).

O desenvolvimento científico e tecnológico na agricultura proporcionou o cultivo da soja em praticamente todos os biomas brasileiros, graças a décadas de pesquisa e seleção genética, com o objetivo de melhor adequação às condições edafoclimáticas nacionais. O principal precursor dessa adaptação edafoclimática da soja no Brasil foi a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), representada pelos núcleos de

pesquisa da Embrapa Soja e da Embrapa Cerrado. Os primeiros resultados obtidos dessa adaptação remontam ao Estado do Rio Grande do Sul, desde a década de 1960, mas que atualmente se expandiram para grande parte do país. Seu expoente está atualmente materializado com maior evidência nas regiões de Cerrado, pois neste bioma existem condições pedológicas e, sobretudo climáticas, que permitem boa produtividade, em condições climáticas habituais ou próximas delas (FREDERICO, 2010).

Como destaca Souza (2011), os estudos relacionados à dinâmica e gênese climática no Tocantins ainda são escassos. Ao especificar esse fato, são ainda mais escassos trabalhos que relacionem a influência dos elementos climáticos sobre a cultura de soja no Tocantins, os quais necessitam de um maior aprofundamento quanto aos fatores a eles relacionados. É importante destacar que são necessários mais estudos que consigam analisar e compreender as condições habituais e as excepcionalidades climáticas, que interferem de modo enfático numa alta ou baixa produtividade da soja nesta região do país.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma breve análise sobre a influência do ritmo pluvial e suas conseqüências no balanço hídrico climatológico durante o ano agrícola 2006/2007 no município de Pedro Afonso, relacionando os elementos climáticos e a produtividade de soja local (Figura 1).

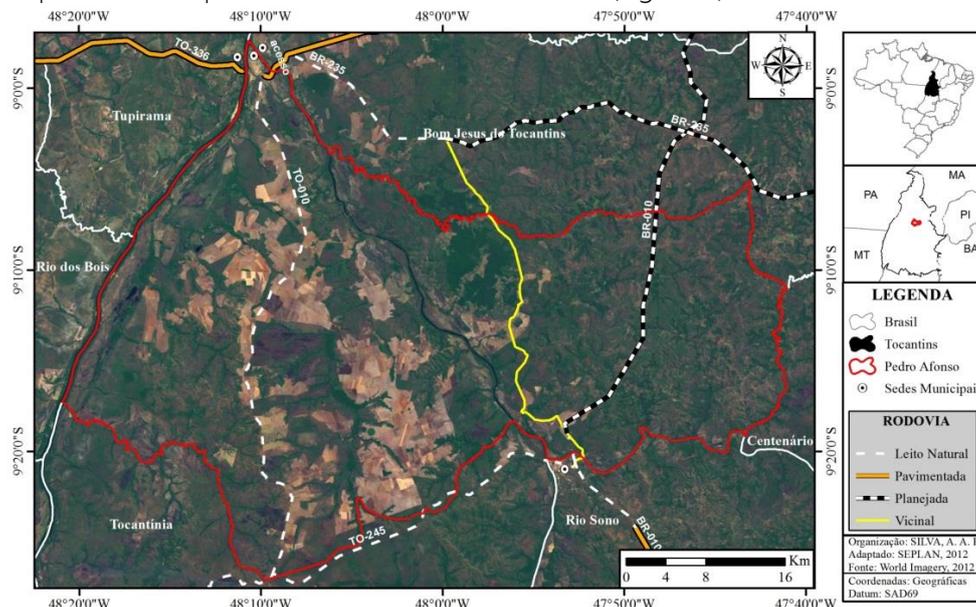


Figura 1. Mapa de localização de Pedro Afonso-TO.

Atualmente, o Estado do Tocantins é a mais recente unidade da federação, possuindo em seu território 65% de vegetação característica do Bioma Cerrado. Sua economia é baseada na produção agrícola, com destaque para o cultivo da soja desde a década de 1990 (SILVA, 2010; TOCANTINS, 2012).

Os processos agrícolas relacionados à soja no Tocantins foram consolidados durante a década de 2000, culminando nos dias de hoje como sendo um dos principais Estados produtores desta cultura na região Norte do Brasil (IBGE, 2012).

## 2. Material e métodos:

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística possui um banco de dados referentes à produção agrícola de todos os municípios do Brasil, incluindo o de Pedro Afonso (IBGE-SIDRA, 2011). Através dele, foi possível obter os dados sobre o quantitativo de áreas plantadas e do montante produzido durante os anos agrícolas da década de 2000. Através destas informações foi possível calcular a produtividade, através da relação entre quantidade produzida (toneladas) e área plantada (hectare). Esta etapa tem por objetivo verificar os momentos em que houve baixa produtividade de soja em Pedro Afonso.

Para iniciar a compreensão do clima local foram utilizadas as médias de chuva e temperatura durante o período de 1961 a 1990, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por meio das Normais Climatológicas (RAMOS *et al.*, 2009). As médias climáticas apresentadas por esses dados podem ser o início da compreensão do clima local, mas ainda não contribuem para a compreensão dos aspectos genéticos e dinâmicos do clima.

Os dados pluviométricos diários que embasaram este trabalho foram disponibilizados pela estação climatológica convencional do (INMET)<sup>3</sup> no município de

Pedro Afonso. Para analisar o comportamento do clima na área de estudo, foi construído um climograma referente às médias mensais de pluviosidade e de temperatura do ar (RAMOS, 2009). Estes mesmos gráficos também foram empregados ao utilizar o total pluviométrico mensal de Outubro de 2006 a Março de 2007.

Com o intuito de melhor compreender sucessão dos estados atmosféricos, representados pelas massas de ar, foram utilizados alguns critérios para definir os principais sistemas atmosféricos atuantes sobre Pedro Afonso. O principal requisito para suas definições foi a direção do vento às 9h. Após a definição dos principais sistemas atmosféricos, eles foram caracterizados por cores temáticas de acordo com a direção do vento em relação a sua origem, com o objetivo de melhor diferenciação nos gráficos ao longo do estudo (Figura 2).

Para refinar e embasar a definição dos sistemas atmosféricos em escala regional, o qual interfere diariamente na sucessão dos tipos de tempo em escala local, foram utilizados os produtos derivados do Sensoriamento Remoto, através dos satélites meteorológicos geoestacionários GOES 10 e 12, com informações da banda do infravermelho de baixa altitude. A influência dos elementos climáticos em superfície pôde ser mais bem analisada pelo uso das imagens do GOES em conjunto com os dados de direção do vento em superfície. Através da inspeção visual e identificação dos padrões espaciais de nebulosidade, foi possível inferir o sistema atmosférico atuante diariamente no município de Pedro Afonso.

A Embrapa (2011) constatou que as principais variações ocorridas na produtividade da soja no Brasil desde a década de 1970 são devido a situações climáticas adversas, principalmente aquelas relacionadas a ocasiões de seca. Nesses casos, o principal fato que se observa é a ocorrência de deficiência hídrica tanto no solo como também nas plantas. Para compreender como ocorre essa variação da disponibilidade hídrica no solo para a soja, foi utilizado o Balanço Hídrico Climatológico. A partir das informações das médias e dos valores

---

<sup>3</sup> Os dados foram obtidos junto ao BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) do INMET, por intermédio do Prof. Dr. João Afonso Zavattini (UNESP-Rio Claro), colaborador do projeto do Atlas Climático do Tocantins, ora desenvolvido no Laboratório de Análises Geo-Ambientais (LGA/UFT).

climáticos reais da Primavera-Verão 2006/2007, foram confeccionados gráficos na escala mensal

e diário, de acordo com a proposta de Thornthwaite e Mather (PEREIRA, 2012).

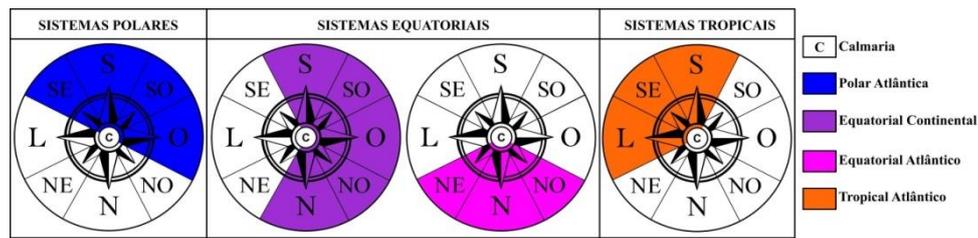


Figura 21. Direção preferencial do vento e sua relação com os sistemas atmosféricos em Pedro Afonso.

A partir dos dados climáticos, foram confeccionados também gráficos com informações climáticas em escala diária de: temperatura (9h, 12h e 21h); pressão do ar (9h, 12h e 21h); umidade relativa do ar (9h, 12h e 21h); chuva (pluviosidade acumulada em 24 horas); direção do vento; balanço hídrico climatológico (visando analisar a variação de entrada e saída de água no solo para alimentação da planta), durante o período da Primavera-Verão 2006/2007. Este período abrange todo o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da soja, desde o momento do plantio até a colheita do cultivo. Estes dados quantitativos foram utilizados em conjunto com a análise qualitativa das imagens GOES, visando

compreender a atuação dos sistemas atmosféricos em Pedro Afonso. Todas essas informações foram agrupadas de acordo com a técnica de Análise Rítmica proposta por Monteiro (1971).

### 3. Resultados e discussão

A definição do recorte temporal para este trabalho se deu após uma breve análise dos dados de produtividade de Soja para Pedro Afonso, durante o período analisado das safras agrícolas na década de 2000, retirando a influência do avanço dos fatores tecnológicos na produtividade, como propõe Mariano (2006) (Figura 3).

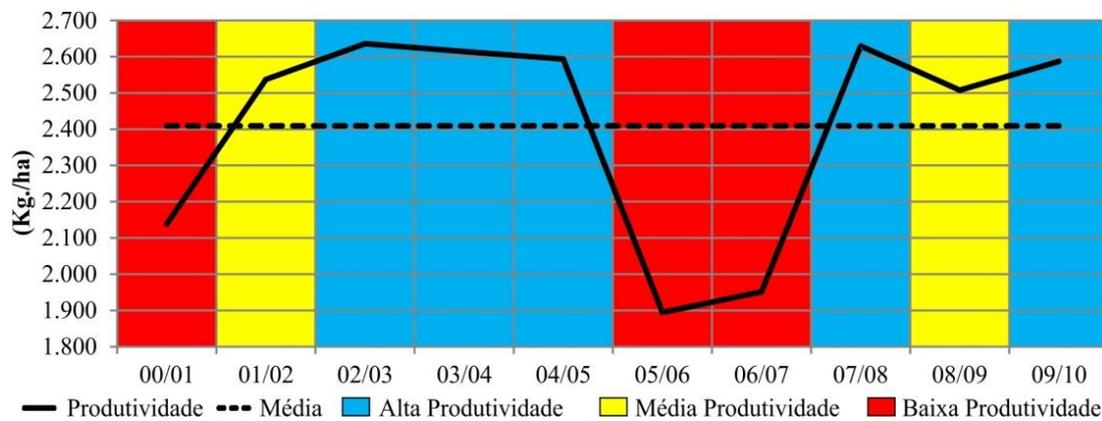


Figura 3. Produtividade corrigida da soja no município de Pedro Afonso-TO entre as safras de 2000/2001 a 2009/2010.

Para esta análise optou-se pela escolha da safra 2006/2007 por ter apresentado baixa produtividade de soja, a qual pode estar relacionada ao ritmo pluvial e, conseqüentemente, com a dinâmica climática.

O primeiro passo para conhecer o clima de Pedro Afonso é analisar o comportamento médio dos elementos climáticos (RAMOS *et al.*, 2009). O regime pluvial no município é bem

característico do clima sazonal, presente em boa parte da área compreendida pelo Cerrado, com sete meses de chuva e cinco meses de estiagem. O período chuvoso acontece normalmente entre os meses de Outubro a Abril, sendo que os maiores quantitativos pluviométricos ocorrem durante a Primavera-Verão, com total acumulado crescente entre Outubro e Janeiro (mês mais chuvoso),

decaindo a partir de Fevereiro (Figura 4a). Em relação ao balanço hídrico, o início do período chuvoso, a partir do mês de Outubro, permite a reposição da água no solo, o qual normalmente encontra-se com grandes déficits hídricos

oriundos do período seco (Inverno). De Novembro a Março, o período chuvoso possibilita um excedente hídrico durante parte da Primavera e de todo o Verão (Figura 4b).

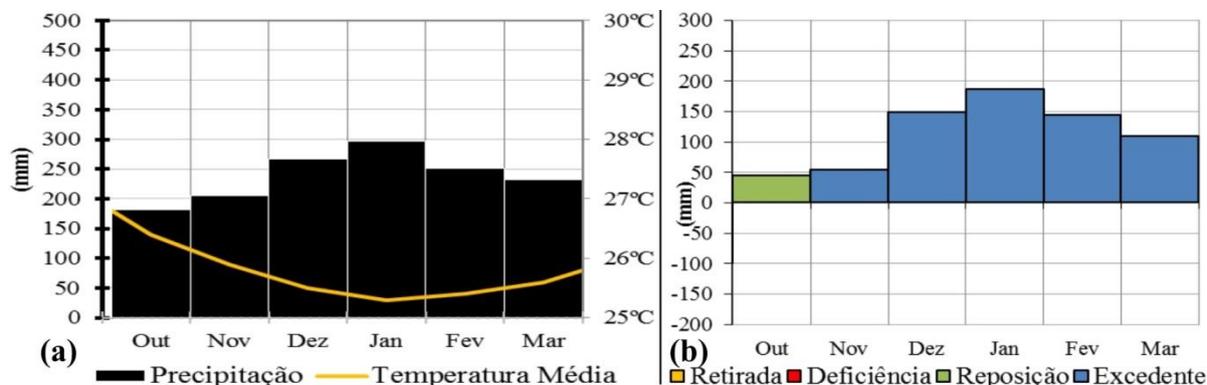


Figura 4. (a) Climograma da pluviosidade e temperatura média mensal; (b) Balanço Hídrico Climatológico; ambos referentes às médias históricas entre 1961 a 1990.

Fonte: RAMOS *et al*, 2009. Elaborado pelo autor.

Após a definição do ano agrícola a ser estudado e ter verificado como é o comportamento médio do clima em Pedro Afonso, é possível constatar, por meio do climograma, que a distribuição da chuva ao longo da Primavera-Verão de 2006/2007 ocorreu de forma irregular, principalmente em Janeiro, habitualmente o mês mais chuvoso do

ano (RAMOS *et al*, 2009), como pode ser visualizado na Figura 5a. Verifica-se também que no mês de Janeiro houve uma retirada e, conseqüentemente, uma maior deficiência hídrica no solo, devido ao total pluviométrico precipitado não ser capaz de repor a água perdida para a atmosfera por meio da evapotranspiração (Figura 5b).

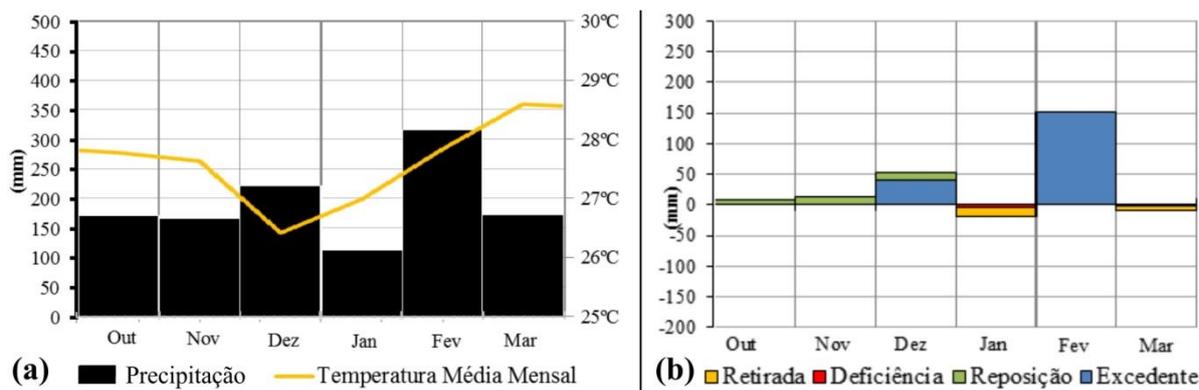


Figura 5. (a) Climograma da pluviosidade e temperatura média mensal; (b) Balanço Hídrico Climatológico; ambos para a Primavera-Verão de 2006/2007 em Pedro Afonso-TO.

Fonte: INMET, 2011. Elaborado pelo autor.

É possível notar que os meses de Janeiro, Março e Novembro de 2007 fugiram muito do que era esperado, ou seja, fora do padrão habitual. Portanto, neste ano agrícola ocorreram quantitativos pluviométricos muito abaixo em relação à média histórica do período 1961 a 1990 (RAMOS *et al*, 2009). Essa mesma

configuração é também refletida no Balanço Hídrico das médias históricas em comparação ao ano agrícola 2006/2007.

Após uma análise preliminar, ao relacionar os dados médios de pluviosidade em conjunto com o balanço hídrico, em comparação aos totais acumulados

mensalmente para o período da Primavera-Verão 2006/2007, é necessário detalhar a escala de análise, com o objetivo de obter maiores informações sobre a sucessão dos tipos de tempo e sua influência da pluviosidade e balanço hídrico no desenvolvimento fenológico da soja. Com esse detalhamento, é possível verificar quais sistemas atmosféricos foram

atuantes durante o período analisado e quais deles foram responsáveis pela gênese pluvial, de acordo com a técnica de Análise Rítmica preconizada por Monteiro (1971) (Figura 6). Com o intuito de deixar mais clara a dinâmica climática local, foi descrito diariamente de que forma esses sistemas atuaram em Pedro Afonso, em cada mês.

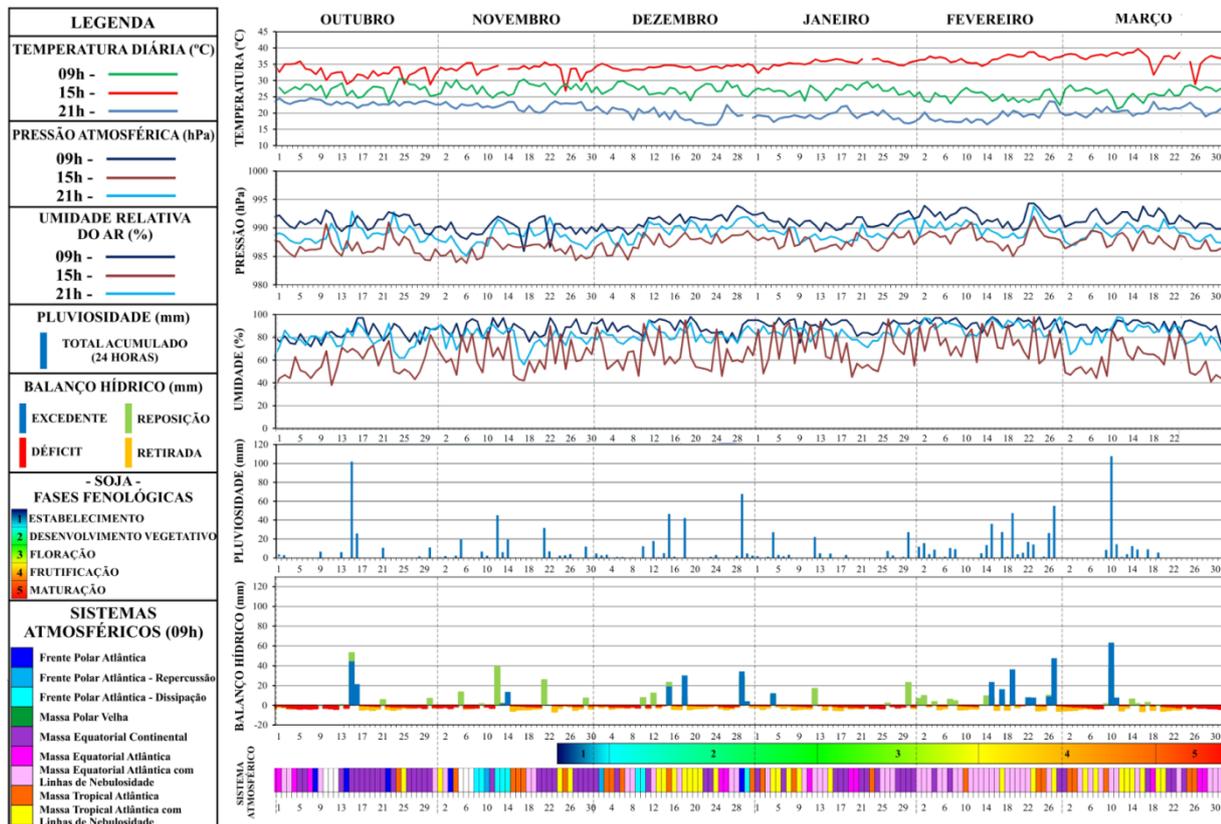


Figura 6. Análise Rítmica da Primavera-Verão 2006/2007 no município de Pedro Afonso-TO.

Com o início da Primavera, as ocorrências de chuvas em praticamente todo o Tocantins começam a se acentuar, inclusive em Pedro Afonso. O mês de Outubro em Pedro Afonso foi caracterizado pela atuação constante, e praticamente predominante, dos sistemas equatoriais (Massa Equatorial Continental [M.E.C] e Massa Equatorial Atlântica

[M.E.A.], que corresponderam a 57,1% e 25% dos dias, respectivamente), sendo que a Massa Tropical Atlântica (M.T.A.) influenciou somente nos dias 24 e 25 (representando 7,2%). Nesse mês, ocorreu a atuação da Frente Polar Atlântica (F.P.A.) em três ocasiões (dias 8, 14 e 22) (Figura 7).

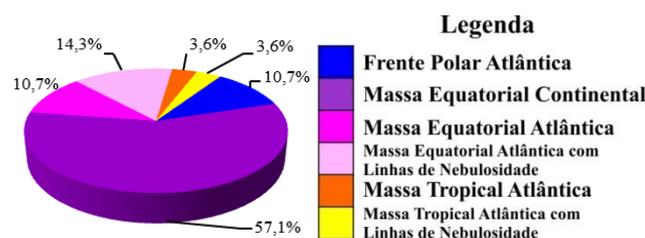


Figura 7. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Outubro de 2006

Durante todo o mês de Outubro, as chuvas representaram 170,7mm, estando a gênese pluvial relacionada, exclusivamente, à M.E.C. (92,3%) e à M.E.A. (7,3%), sendo que

somente nos dias 15 e 16 houve 127,7 mm de precipitação pluvial devido à atuação da M.E.C., representando 74,8% de toda a pluviosidade mensal (Figura 8).

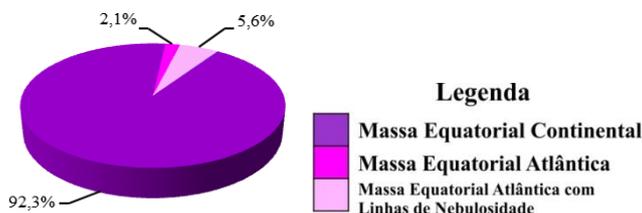


Figura 8. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Outubro de 2006

Entre os dias 1 a 8, 10 a 12, 17 a 20 e 22 a 29 de Outubro não ocorreu nenhuma chuva, fazendo com que houvesse uma expressiva retirada de água no solo, caracterizando assim, déficit hídrico durante esses períodos. Tais condições foram insuficientes para o início do

plantio da soja, pois a falta de chuva impossibilitou o acúmulo necessário de água no solo. Os sistemas atmosféricos atuantes foram mais diversificados, fazendo com que esse mês possuísse características atmosféricas bastante diferentes do mês anterior (Figura 9).

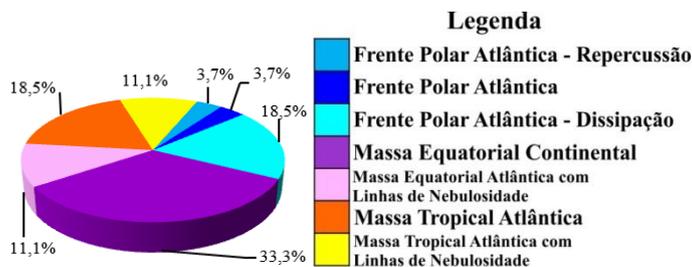


Figura 9. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Novembro de 2006

A M.E.A. (11,1%) e a M.E.C. (33,3%) foram os sistemas equatoriais que participaram em Novembro, sendo que suas atuações estiveram concentradas, principalmente, nos dias 18 a 23 e 27 a 30. A M.T.A. foi presente em 19,6% do mês, com maior ênfase nos dias 15 a 17 e 24 a 26. Nesse mês, os sistemas frontais tiveram maiores oportunidades de atuação, sendo que a Frente Polar Atlântica – Repercussão (F.P.A.-REP.) e a F.P.A. representaram, cada uma, 3,1% dos sistemas atmosféricos (ou um dia no mês), enquanto a Frente Polar Atlântica – Dissipação (F.P.A.-DIS) atuou em 18,5% dos dias. As atuações dos sistemas frontais ocorreram na latitude de Pedro Afonso devido ao avanço da F.P.A., a qual já se encontrava em vias de dissipação (dias 8 e 9), mas que foi reativada após a chegada da repercussão de uma nova F.P.A. no dia 10,

dissipando-se novamente no dia 14. Novembro foi caracterizado como tendo um padrão pluvial seco, com somente 135,2 mm de chuva, proporcionado pela atuação de diversos sistemas atmosféricos que contribuíram para a gênese pluvial, porém em episódios normalmente pouco expressivos em termos de teor.

Os sistemas atmosféricos que mais contribuíram para a gênese pluvial em Novembro foram: a F.P.A.-DIS. (53,3%), devido, principalmente, às chuvas dos dias 12 (45,2mm), 13 (6,2mm) e 14 (19,4 mm); e a M.E.C. (35,1%), devido às chuvas dos dias 21 (31,7mm) e 29 (12mm); além de outros sistemas que tiveram menor participação na pluviosidade, como, a M.T.A. (8,6%), a F.P.A.-REP. (1,6%) e a M.E.A. (1,4%) (Figura 10).

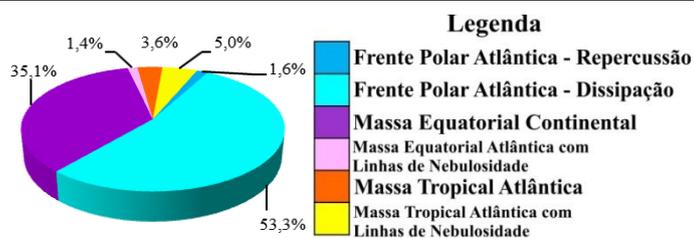


Figura 10. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Novembro de 2006

Desde o final do mês de Outubro, a deficiência hídrica manteve-se de modo quase constante, fazendo com que a pouca quantidade de chuva ao longo do mês de Novembro não possibilitasse haver excedente hídrico no solo, mesmo com os índices de chuvas dos dias 5, 13 e 22. Somente após a maior quantidade de chuva diária no mês (dia 13), houve a possibilidade de excedente de água nos dias 14 e 15, o qual não conseguiu manter-se devido aos baixos quantitativos pluviais nos dias subsequentes, aliado às altas temperaturas diárias.

A partir da metodologia utilizada pela Cooperativa dos Agricultores de Pedro Afonso (COAPA) para o início do período de semeadura (após 200 mm de chuva acumulado), o dia 24 de Novembro foi a data

determinada para o começo do plantio de soja em Pedro Afonso.

Em Dezembro, todos os sistemas atmosféricos que podem atuar em Pedro Afonso (os sistemas equatoriais, tropicais, e frontais) manifestaram-se ao longo do mês. Os principais sistemas atuantes foram: a M.T.A., que representou 41,8% de participação, destacando-se, principalmente, a sequência de dias entre 13 a 21; a M.E.A., com 25,9%, com a atuação seguida entre os dias 25 a 28; a M.E.C., com 16,1% de participação ao longo do mês (dias 1, 5, 11, 22 e 23); além dos sistemas frontais que atuaram em menor quantidade, como, a F.P.A.-DIS (9,7%, nos dias 9, 10 e 30), a F.P.A.-REP (3,2%, no dia 2) e a F.P.A. (3,2%, no dia 29), como pode ser visualizado na Figura 11.

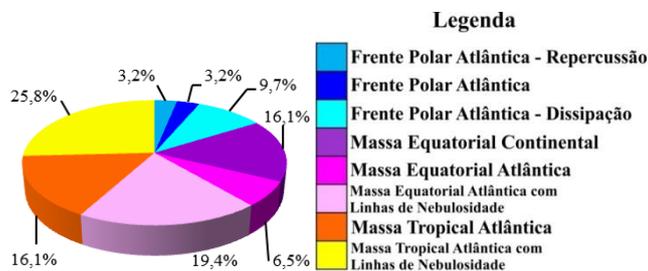


Figura 11. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Dezembro de 2006

Tal qual ocorreu com a participação dos sistemas, a gênese pluvial de Dezembro também foi fruto da atuação de diversas massas de ar, resultando em 218,7 mm acumulados no mês, sendo que: a M.T.A. contribuiu com 47,8% (com o total de 105,4 mm, destacando-se os dias 15 [46,5 mm] e 18 [42,3 mm]), a M.E.A. 9,3% (no dia 12 com 17,8 mm), a F.P.A.-DIS com 7,8% (12,3 mm, no dia 10), a M.E.C (3,2%,

ou 7,1 mm) e por último a F.P.A.-REP. (1,2%, ou 2,6 mm). Ainda em relação à gênese pluvial do mês de Dezembro, é importante enfatizar a participação da F.P.A. com o montante de 30,7% do total mensal, sendo que esse total precipitado é referente ao dia 29, correspondendo ao terceiro maior volume pluviométrico diário no ano agrícola 2006/2007, com o montante de 67,7 mm (Figura 12).

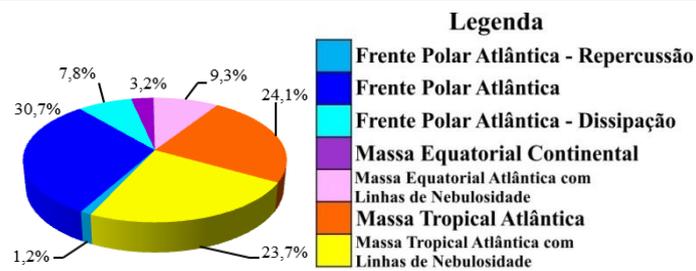


Figura 12. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Dezembro de 2006

A distribuição quantitativa da chuva ao longo dos dias 10 a 18 de Dezembro possibilitou que o total acumulado fosse capaz de gerar excedente hídrico no solo nos dias 15 e 18. Já a baixa ou nenhuma pluviosidade no início (1 a 9) e no final (19 a 27) de Dezembro comprometeram a disponibilidade de água no solo, ocasionando assim a retirada de água, resultando no déficit hídrico para os períodos.

A Primavera proporcionou a chuva necessária para que pudesse ocorrer o início do plantio da soja em Pedro Afonso. Esse fato só aconteceu no dia 24 de Novembro, quando o total acumulado de chuva conseguiu atingir os 200 mm. Durante o final de Novembro e o começo de Dezembro ocorreu déficit hídrico durante fases importantes do crescimento da

soja, mais precisamente nos estágios de estabelecimento/germinação e o início do período de desenvolvimento vegetativo, influenciando negativamente no crescimento da soja.

O mês de Janeiro teve a atuação predominante de sistemas atmosféricos de origem equatorial, com a M.E.A. (34,5%) e a M.E.C. (38,7%) (Figura 13). Os sistemas equatoriais atuaram de modo quase contínuo entre os dias 10 a 31 (com exceção dos dias 15 e 23, que tiveram a atuação da M.T.A.). Já a M.T.A. participou com 25,8% no total mensal, tendo sua distribuição concentrada, principalmente, entre os dias 2 a 9 (exceto nos dias 3 e 7).

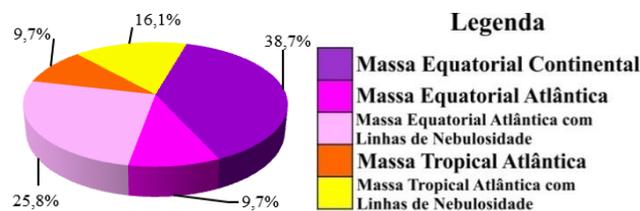


Figura 13. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Janeiro de 2007

O padrão pluvial de Janeiro foi idêntico à Novembro, ou seja, sendo caracterizado como seco e possuindo somente 114,6 mm de chuva acumulada ao longo mês. Os sistemas atmosféricos que mais contribuíram para a

gênese pluvial foram a M.E.A. (33,2% ou 37,5 mm), a M.E.C. (31,3% ou 35,1 mm) e a M.T.A. (34% ou 39,4 mm), sendo que todos esses sistemas contribuíram com baixos volumes pluviométricos diários (Figura 14).

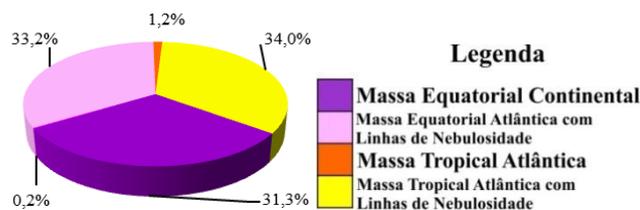


Figura 14. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Janeiro de 2007

Verifica-se que em Janeiro houve a total ausência da atuação da F.P.A., a qual é um importante sistema atmosférico que transporta

a umidade das regiões situadas ao sul do globo para as latitudes inferiores, contribuindo em muitos casos, para a gênese pluvial. Como o

quantitativo e a distribuição da chuva foram muito baixos para este mês, os processos de evaporação e evapotranspiração foram acentuados, proporcionando déficit hídrico em praticamente todo o mês de Janeiro, em especial nos intervalos do dia 5 ao dia 11 e também do dia 13 ao dia 29. Foi justamente nesse mês, a partir da data aproximada do plantio, que ocorreu o início de um dos períodos mais críticos no desenvolvimento fenológico da soja: a floração (EMBRAPA, 2011). Nesse estágio, a deficiência hídrica no solo pode

ocasionar em perda das flores ou até no abortamento dos botões de flor, levando a consequências severas em relação à quantidade e à qualidade da soja colhida.

As massas de ar que atuaram em Pedro Afonso no mês de Fevereiro tiveram, principalmente, origem equatorial, destacando-se primeiramente a M.E.A, com 67,9%, e posteriormente a M.E.C., com 10,7%, sendo que a M.T.A. correspondeu com 21,4% do montante mensal (dias 10, 17, 23, 24 e 25) (Figura 15).

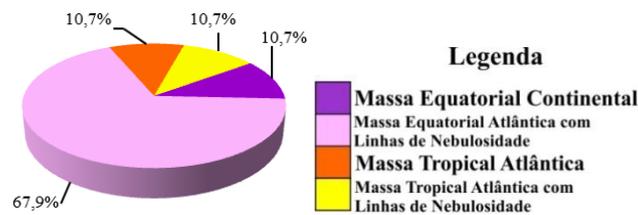


Figura 15. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Fevereiro de 2007

O total pluviométrico de Fevereiro foi de 315,8 mm, ou seja, foi o mês mais chuvoso durante o ano agrícola 2006/2007. A gênese pluvial esteve vinculada, principalmente, à

atuação da M.E.A., que contribuiu com 62,9% (198,7 mm) e, secundariamente, à atuação da M.T.A. (31% ou 97,9 mm), sendo que a M.E.C. participou com 6,1% (19,4 mm) (Figura 16).

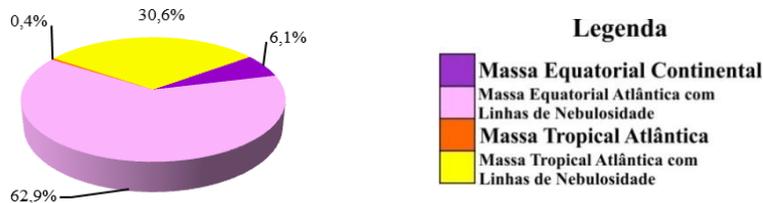


Figura 16. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Fevereiro de 2007

A distribuição das chuvas ao longo de Fevereiro ocorreu de modo regular, com menor magnitude nos primeiros oito dias e aumentando gradativamente sua intensidade a partir do dia 14 até o dia 27. Tal característica possibilitou, portanto, que não ocorressem momentos significativos de stress hídrico para a soja durante o final do estágio de floração e início do período de enchimento de grãos, embora danos mais significativos (e, por vezes,

irreversíveis) possam ter ocorrido nos meses anteriores, sobretudo em Janeiro (EMBRAPA, 2011).

A M.E.A, assim como no mês de Fevereiro, foi o principal sistema atmosférico atuante em Pedro Afonso em Março, correspondendo à 43% do total mensal. Em seguida, a M.T.A. (41,9%) e a M.E.C. (16,1%) foram os sistemas que mais atuaram (Figura 17).

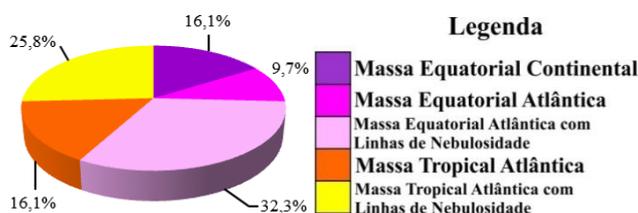


Figura 17. Sistemas Atmosféricos em Pedro Afonso-TO: Março de 2007

O mês de Março representa o fim do Verão, ou seja, corresponde ao início do período em que as chuvas vão diminuindo sua intensidade e quantidade, gradativamente. Nesse mês, o padrão pluviométrico seco foi novamente atuante, com total pluviométrico acumulado de somente 172,7 mm. Desse quantitativo, a M.E.A.

contribuiu com 76,2% (131,4 mm, sendo que somente no dia 10 o total acumulado diário correspondeu a 107,3 mm). A M.T.A. contribuiu com 17,9% (31,8 mm, distribuídos de modo regular entre os dias 9, 13, 14 e 19) e a M.E.C. com 5,4% (9 mm, no dia 17) (Figura 18).

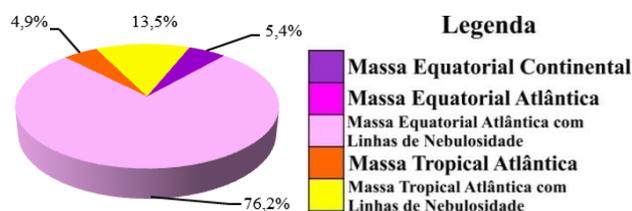


Figura 18. Gênese Pluvial em Pedro Afonso-TO: Março de 2007

Dos dias 1 a 9 de Março não houve pluviosidade, sendo caracterizado por condições atmosféricas singulares, como um longo momento de calmaria e com a constante alternância entre sistemas equatoriais e tropicais. Tais condições climáticas (falta de chuva e momentos com ausência de vento) também atuaram do dia 21 ao dia 31, com a presença da M.E.A. e da M.E.C. durante todo o decêndio (com exceção dos dias 25 e 26 que tiveram a ocorrência da M.T.A.). Em ambos os casos, a ausência de pluviosidade ocasionou um longo período de deficiência hídrica no solo, tanto no início como no fim do mês de Março. A indisponibilidade de água no solo, durante a fase de enchimento dos grãos (momento crítico onde ocorre o aumento da matéria seca, que proporciona o volume e peso aos grãos da soja), pode ter ocasionado a perda de vagens e/ou murcha dos grãos, afetando de modo contundente e negativo o rendimento e a produtividade da safra (EMBRAPA, 2011).

A estação que compreende o Verão não teve, em nenhum momento, a ocorrência de sistemas atmosféricos frontais, os quais podem ter influenciado em dois meses com baixos índices pluviométricos (Janeiro e Março). É exatamente nestes períodos que a planta de soja necessita de disponibilidade hídrica no solo, nos estágios de floração e enchimento dos grãos, os quais são fundamentais para que possa ocorrer o pleno desenvolvimento fenológico (EMBRAPA, 2011). O período que corresponde aos meses de Novembro, Janeiro e

Março, além da Primavera-Verão em seu conjunto, foram considerados secos em Pedro Afonso e também no Tocantins, podendo-se inferir que a baixa pluviosidade nesses períodos foi resultado de conjecturas climáticas de ordem regional, afetando a cultura agrícola da soja em seus momentos mais críticos.

#### 4. Considerações finais

Durante todo o ano agrícola 2006/2007, diversos sistemas atmosféricos de origens equatorial, tropical e frontal atuaram sobre Pedro Afonso, ocasionando no município seus tipos de tempo peculiares. Tais condições atmosféricas propiciaram períodos de estiagem em momentos cruciais ao longo do desenvolvimento fenológico da soja (germinação/emergência, estágio vegetativo, floração e enchimento dos grãos), durante os meses de Novembro, Janeiro e Março, os quais perduraram mais do que o esperado. Tais consequências ocasionaram falta de chuva e contribuíram para que o ano agrícola fosse considerado seco, com pluviosidade abaixo da média histórica (1961 a 1990), o que coincidiu com a baixa produtividade de soja no Município de Pedro Afonso.

O uso da Análise Rítmica, para o estudo de caso que este trabalho propôs realizar, pôde contribuir para determinar os sistemas atmosféricos atuantes na porção centro-norte do Tocantins, para o ano agrícola 2006/2007. Tal estudo proporcionou o aprofundamento do

conhecimento necessário para que se entendam as causalidades decorrentes da gênese e da dinâmica climática sobre a produtividade de soja.

A partir dos resultados adquiridos para a safra 2006/2007, é possível constatar que os prejuízos ocasionados pelo período de seca estão ligados aos momentos de déficit hídrico em determinados estágios do crescimento fenológico da soja, possibilitando inferir os motivos que resultaram numa queda da produção, mesmo com áreas de plantio sendo muito semelhantes às das safras de 2004/2005 e 2005/2006. Os períodos de estiagem, principalmente nos meses de Novembro,

Janeiro e Março, impactaram o crescimento fenológico da planta por stress hídrico, não possibilitando que a soja conseguisse obter o seu pleno desenvolvimento. Tal consequência climática proporcionou condições para que viessem a ocorrer impactos negativos no resultado final da safra, os quais refletem na perda de parte da produção (EMBRAPA, 2011).

## 5. Agradecimentos

Ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins, *campus* de Porto Nacional, e a CAPES, pela bolsa de estudos.

## 6. Referências:

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- COSTA, J. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica, 1996.
- FREDERICO, S.. **O novo tempo do Cerrado**: expansão dos fronts agrícolas e controle do sistema de armazenamento de grãos. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2010.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2013 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- GARCIA, F. F.. **Manual de climatologia aplicada**: clima, medio ambiente y planificacion. Madrid: Editorial Sinteses, 1996.
- IBGE-SIDRA. **Produção de Soja no Tocantins**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=11&i=P&c=822>> Acesso em: 4 ago. 2012.
- MARIANO, Z. de F.; SANTOS, M. J. Z.; SCOPEL, I. A importância das chuvas para a produtividade da soja na microrregião do sudeste de Goiás (GO). In: GERARDI, L. H. O.; CARVALHO, P. F. (Org.) **Geografia**: ações e reflexões. Rio Claro: Unesp/IGCE; AGETEO, 2006. p. 387-398.
- MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IG, USP, 1971. (Série Climatologia, 1).
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola\\_Apostila2007.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf)> Acesso em: 4 ago. 2012.
- RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G (Org.). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 2009.
- SORRE, M. Adaptação ao meio climático e biossocial: geografia psicológica. (1951). In: MEGALE, J. F. (org.) **Max Sorre**: geografia. São Paulo: Ática, 1984 (Série Grandes Cientistas Sociais).
- SILVA, C. A. F. A rede política territorial da soja em Pedro Afonso (TO). **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 4, n. 7, p. 91-107, jan./jul. 2010.
- SOUZA, L. B. Participação das massas de ar e suas repercussões em Porto Nacional (TO): o exemplo 2009/2010. In: MORAIS, F. (org.). **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011, p.179-197.
- TETILA, J. L. C.. **Ritmo pluviométrico e o cultivo da soja**: uma análise geográfica aplicada ao sul do Mato Grosso do Sul. 1983. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Pós-Graduação em Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.
- TOCANTINS (Estado). Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. **Indicadores socioeconômicos do Tocantins**. Secretaria. Palmas: Seplan, 2012.