

## **As Chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó: contribuições para a seleção de áreas nos estudos de mudanças climáticas da Rede Clima**

Raquel Fetter (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA)  
Doutoranda do curso de geografia  
raquelfetter@yahoo.com.br

Carlos Henke de Oliveira (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA)  
Professor Adjunto do Departamento de Ecologia  
carloshenke@unb.br

Carlos Hiroo Saito (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA)  
Professor Associado do Departamento de Ecologia  
carlos.h.saito@hotmail.com

### **Resumo**

O presente trabalho visou caracterizar as chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó/RN/PB (MGS), como subsidio a seleção de municípios a serem investigados nas demais etapas do projeto "Mudanças climáticas, produção e sustentabilidade: vulnerabilidade e adaptação em territórios do semiárido" coordenada pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da UnB. Foram obtidos dados de chuva da Agência Nacional de Águas do período de 1910 a 2010, que foram submetidos às análises cíclicas, tendência, eventos extremos e agrupamento. Os resultados mostram a ocorrência de quatro ciclos sendo os de 22 e 10,5 anos os mais significativos. Os dados de SPI mostraram que os anos anteriores a 1970 são mais típicos de seca. Destacam-se como "seca severa" os anos de 1915 e 1958 e como "seca extrema", o ano de 1919. Em termos relativos ao conjunto total de dados, os últimos 40 anos tiveram apenas três episódios notáveis de seca anual (1983, 1993 e 1998), considerados "moderadamente secos". Na análise de agrupamento foram identificadas três áreas homogêneas (AH) em relação às chuvas, as quais apresentaram um gradiente de aumento de chuvas no sentido leste-oeste. Para a região como um todo, os resultados mostram um significativo aumento das chuvas com o tempo (entre 1935 e 1983) e quando comparadas as AH separadamente, somente a AH 2 apresentou tendência negativa. Os resultados mostram que os dados de chuvas na MGS são bem estruturados espacialmente e temporalmente e permitiram orientar a seleção dos municípios de modo a abarcar a diversidade das chuvas na região.

# 1. INTRODUÇÃO

A variabilidade do clima, os eventos de chuvas, secas e anomalias das temperaturas têm atraído ampla atenção, culminando em convenções internacionais e tentativas de acordos visando reduzir os efeitos das atividades humanas sobre o clima. A complexidade inerente aos fenômenos climáticos e suas graves conseqüências nas dimensões social e econômica ganharam tamanha ênfase que se desdobrou na disseminação da ideia de "mudança climática", que hoje é um dos principais destaques na mídia mundial. Relatórios gerados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tentam demonstrar o caráter antropogênico de tais mudanças, argumentando que as causas naturais são de pouca significação (IPCC, 2007). Entretanto, outros estudos argumentam sobre a necessidade de desmistificar essa mudança, atribuídas às variações naturais do clima (Ribeiro 2002, Molion, 2008).

Embora a variabilidade seja uma componente conhecida da dinâmica climática, seu impacto, mesmo dentro dos limites esperados, pode ter reflexos significativos nas mais diversas atividades humanas. As sociedades e os recursos tecnológicos estão relativamente adaptados a certo nível de variabilidade climática, além do qual as anomalias podem provocar profunda desestruturação no sistema ambiental e sócio-econômico (Nunes e Lombardo, 1995).

A ocorrência de eventos anômalos chama a atenção mundial para as suas causas e formas de se prevenir, proteger e superar suas conseqüências. Com isso, a noção de adaptação foi introduzida pela convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima durante a Conferência do Rio em 1992, como uma das principais categorias de resposta à mudança climática juntamente com a mitigação. Após 20 anos, na conferência Rio+20, será lançado o Banco de Práticas Clima: Vulnerabilidade e adaptação que corresponde a um banco internacional de experiências sobre a adaptação de pequenos agricultores ao redor do mundo com o objetivo de compartilhar experiências para que outros possam replicar ou adaptar essas habilidades em seus contextos (COEP, 2012).

Segundo Schipper e Burton (2009: 3), não só os impactos das mudanças climáticas variam por região, mas também as definições de mudanças climáticas, de vulnerabilidade e de adaptação. Devido à necessidade de compreender os fenômenos climáticos na escala em que os impactos são sentidos, têm sido freqüentes os esforços para identificar áreas ou regiões climaticamente homogêneas. A exemplo, Keller et al. (2005) identificaram 25 "zonas pluviometricamente homogêneas" na escala nacional/continental. Já na escala regional e sub-regional, Silva & Nery (2001) utilizaram a análise de componentes principais para determinar regiões homogêneas de chuva no estado do Paraná. Objetivando identificar regiões homogêneas de chuva para posterior análise periodográfica no estado do Ceará, Silva et al. (2001) procuraram reunir as estações disponíveis em grupos distintos, de acordo com o comportamento das chuvas trimestrais em cada uma das mesmas, o que levou à classificação das 20 estações em quatro grupos. Melo et al. (2005) realizaram análise espacial do regime de chuvas para a região

hidrográfica do Atlântico, trecho Leste no estado de Minas Gerais, encontrando cinco grupos com características homogêneas de frequência de chuvas. Alves e Repeli (1992) definiram seis sub-regiões homogêneas no setor norte do nordeste para investigar a influência do episódio El Niño – Oscilação Sul (ENOS) na distribuição das chuvas na região e Macedo et al. (2010) subdividiram o Estado da Paraíba em três sub-regiões pluviometricamente homogêneas em relação à variabilidade sazonal e interanual das chuvas, para monitoramento de secas severas e extremas.

Diante da problemática atual do clima e da influência que este exerce na sociedade e no ambiente, o Ministério da Ciência e Tecnologia instituiu a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) que tem como missão gerar e disseminar conhecimentos para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais. Atualmente é constituída por treze sub-redes, sendo a sub-rede “Mudanças climáticas e desenvolvimento regional”, coordenada pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da Universidade de Brasília, responsável pelo projeto “Mudanças climáticas, produção e sustentabilidade: vulnerabilidade e adaptação em territórios do semiárido” (*MC/Semiárido*). O projeto tem o objetivo de identificar a percepção das populações locais e dos formuladores de políticas públicas quanto aos impactos das mudanças climáticas na sustentabilidade do desenvolvimento dos territórios produtivos no semiárido brasileiro, com foco na análise de vulnerabilidade e adaptação desses sistemas.

A primeira fase do projeto *MC/Semiárido* busca selecionar os municípios-alvo para uma investigação baseada em entrevistas a produtores rurais. Foi consenso, entretanto, que isto se daria com base nas características climáticas (chuvas) e sócio-econômicas. Em relação pluviosidade, houve a demanda por definir um conjunto de análises capazes de identificar eventos de seca e chuvas dentro e fora da normalidade, eventos cíclicos, tendências espaço-teporais de aumento ou diminuição de chuvas, de forma a produzir argumentos úteis para a seleção de áreas-alvo da pesquisa. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar as chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó (MGS) nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, visando subsidiar a seleção de municípios a serem investigados pelo projeto *MC/Semiárido*.

## **2. METODOLOGIA**

### **2. 1. Área de estudo**

A área de estudo é a Microrregião Geográfica do Seridó (MGS), compreendida pelo Seridó Ocidental e Seridó Oriental no estado do Rio Grande do Norte e o Seridó Oriental Paraibano, num total de 26 municípios, totalizando 9.487,354 km<sup>2</sup>, inscritos na região do semiárido nordestino. A região compreende o núcleo de desertificação do Seridó, o qual corresponde aos municípios de Parelhas, Equador, Acari, Cruzeta, Carnaúba dos Dantas e Currais Novos no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

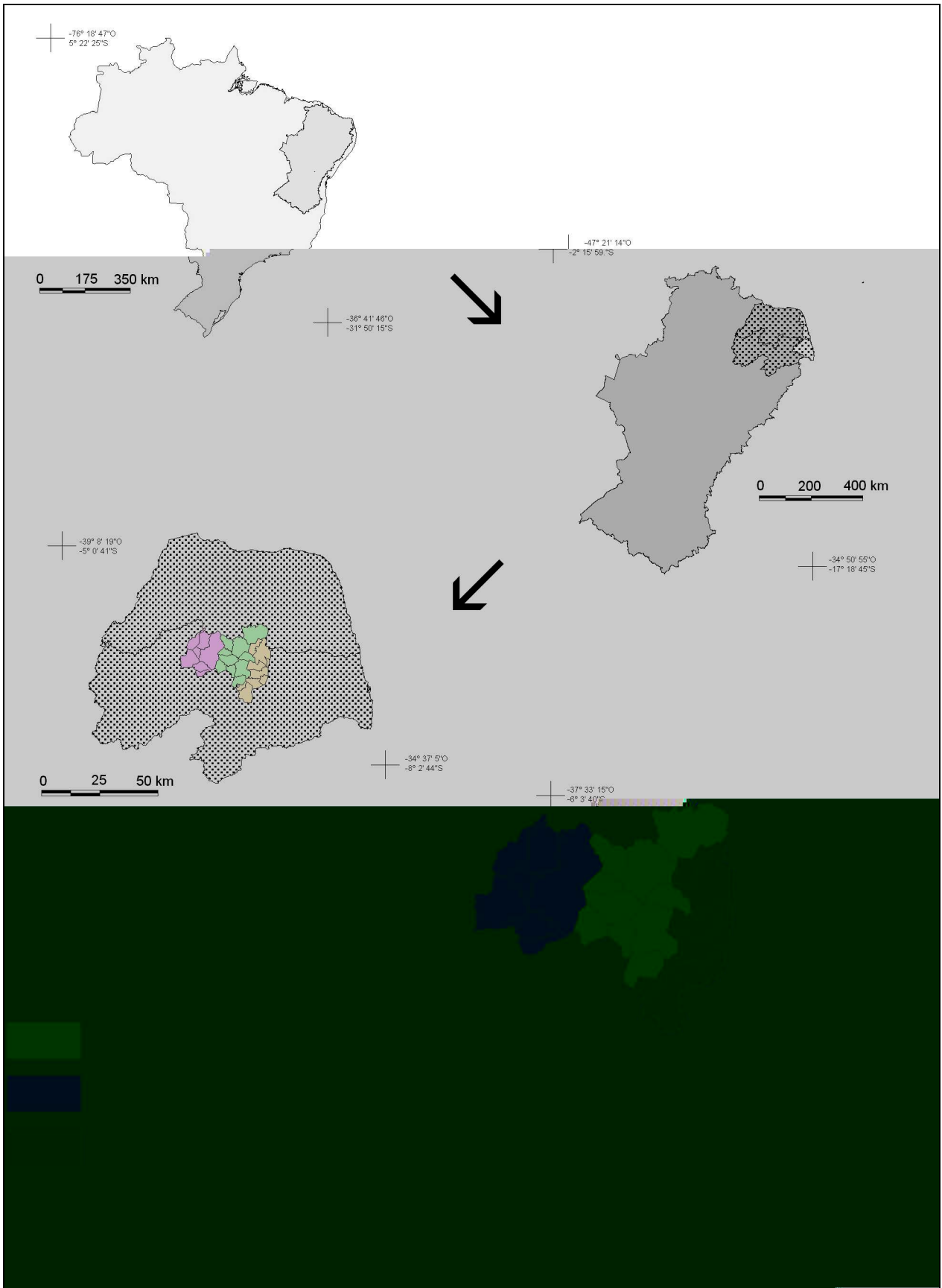


Figura 1: Localização da área de estudo.

O Nordeste brasileiro tem como característica grande irregularidade na precipitação, cujo comportamento é decorrente de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos (Araújo et al., 2008). A precipitação nessa região é bastante sensível a extremos de temperatura da superfície do mar no Pacífico equatorial associado ao El Niño – Oscilação Sul (ENOS), assim como às anomalias de temperatura da superfície do Atlântico, associadas ao dipolo de anomalias de temperatura da superfície do Atlântico (Moura e Shukla, 1981, Andreoli e Kayano, 2007). No que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano, a região é considerada como uma região anômala, já que os diferentes setores apresentam características distintas em relação à concentração de chuvas e ao período em que elas ocorrem (Kousky, 1979 apud Souza et al., 1998), sendo que, para agricultura e armazenamento de água na região (RN e PB), é preciso conhecer a variabilidade das chuvas na região não apenas na quantidade total anual, mas os seus extremos e períodos consecutivos secos e chuvosos (Magalhães e Glantz, 1992).

Muitos estudos já foram conduzidos para identificar tendências de aumento ou diminuição das chuvas no semiárido brasileiro. Em 1993, Hastenrath e Greischar não encontraram tendências significativas para condições mais úmidas ou secas no nordeste brasileiro. Haylock et al. (2006) encontrou tendência de aumento da precipitação total anual nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Santos e Brito (2007), utilizaram nove índices que, de uma maneira geral, apontam para um aumento dos dias úmidos e da precipitação total anual e uma diminuição dos dias consecutivos secos. Porém, isto não é uniforme nos dois estados, pois, com exceção do total anual de chuva, observam-se variações espaciais das tendências nos demais índices, oscilando entre negativas e positivas.

Baetting et al, (2007) criaram um índice de mudança climática para a América do Sul que indicou mudanças mais intensas nas regiões amazônica e sertão nordestino, as quais constituiriam, segundo eles, *climatic change hot spots* que representariam as regiões mais vulneráveis do Brasil às Mudanças climáticas. A relação entre esse índice de mudança climática e as análises espaço-temporais de variação na precipitação podem ensejar importantes reflexões sobre as práticas socioeconômicas e formas de uso da terra, e suas consequências para o agravamento de processos de degradação do solo, particularmente nesta região.

## **2.2. Organização do banco de dados**

Os dados de precipitação diária para a MGS foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA) para o período entre 1910 e 2010, sendo relacionadas a 75 estações meteorológicas localizadas na região e no entorno, num retângulo envolvente de 25.656,39 km<sup>2</sup>, correspondendo a mais de 1,2 milhão de registros diários.

Os dados de precipitação foram organizados em um banco de dados utilizando a tecnologia MySQL, uma versão livre do SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês *Structured Query Language*), sobre um computador-servidor com plataforma Windows 7 e tecnologia de web-server Apache 2.2.

Os dados foram submetidos a uma análise de consistência que estabeleceu que todos os registros inferiores a 100 mm (limite inferior) seriam consistentes, que aqueles superiores a 350 mm (limite superior) seriam inconsistentes e que os registros em condição intermediária, entre estes dois pontos de corte, seriam tratados como suspeitos e teriam sua consistência avaliada separadamente. Estes limites foram arbitrados após uma exaustiva auditoria nos dados que incluiu análise da probabilidade de caracteres acidentalmente repetidos ou adicionados (para o limite inferior) durante a digitação e a análise dos registros históricos de chuvas no Brasil e no mundo (para o limite superior). A auditoria considerou que a ANA (ou qualquer agência que tenha digitalizado dados a partir de registros em papel) não está imune a erros de digitação. A auditoria também mostrou que caracteres repetidos são típicos de registros com mais de dois algarismos significativos (registros iguais ou superiores a 100 mm), não sendo próprios dos registros com dois algarismos significativos (de 10 a 99 mm). Um exemplo seria o registro de “122 mm”, que levantaria a suspeita de repetição involuntária do algarismo “2” pelo digitador. Outro exemplo seria o valor de “156 mm”, que levantaria a suspeita da inclusão involuntária do algarismo “5” ou “6”, visto que são números vizinhos no teclado. Diante da existência de registros suspeitos, a análise de consistência prosseguiu considerando os registros pluviométricos nas 10 estações meteorológicas mais próximas, sob três preceitos: 1) de que os mesmos erros de digitação não se repetem em estações diferentes, mesmo que próximas, visto que são dados independentemente registrados, coletados e digitados; 2) de que o dado suspeito, mesmo que correto, difere dos dados das estações vizinhas por uma questão de heterogeneidade espacial; e 3) de que o dado suspeito, para que seja consistente, não deveria diferir demasiadamente dos dados das estações vizinhas devido ao princípio geográfico da correlação espacial (áreas próximas tendem a ser parecidas). Desta forma, foram considerados inconsistentes aqueles dados suspeitos (entre 100 e 350 mm) que diferiram em mais de dez vezes (acima ou abaixo) da média pluviométrica das dez estações mais próximas.

## **2.3. Seleção de índices e análises**

### **2.3.1. Análise espectral**

A análise espectral foi realizada com dados de média móvel de três anos e direcionada à busca de sinais periódicos significativos (ciclos) na pluviosidade. O espectro de frequência de um sinal é constituído por uma função que caracteriza a distribuição da contribuição das diferentes componentes de frequência, ou seja, uma relação da variação da potência em função das

frequências. A análise foi realizada por meio de periodogramas de Lomb-Scargle (Press et al., 1992; Schwarzenberg-Czerny, 1998), que é uma modificação da Transformada Discreta de Fourier (DFT) e permite analisar dados descontínuos (Ma and Vaquero, 2009), como frequentemente ocorre nos registros climatológicos e paleontológicos.

### **2.3.2. SPI (Standardized Precipitation Index)**

O Índice Padronizado de Precipitação (SPI) foi desenvolvido por McKee et al. (1993) para quantificar o déficit ou o excesso de precipitação em diferentes escalas de tempo. Essa característica torna o SPI uma valiosa ferramenta para todos os estudos de disponibilidade hídrica, sejam eles de curta ou longa duração (Hayes et al., 1999). Conforme aumenta o período de análise (12 ou 24 meses, por exemplo) o SPI responde mais lentamente a mudanças na precipitação. Períodos com índices negativos tornam-se menores em número, porém, mais longos em duração (McKee et al., 1993). O SPI considera a natureza estocástica da seca e é, portanto, uma boa medida de secas meteorológicas de curta e longa duração (Narashimhan e Srinivasan, 2005), permitindo também a comparação entre locais e climas diferentes (Paulo et al., 2005).

O primeiro passo para o cálculo do SPI é a determinação da probabilidade de distribuição de frequência de precipitação pluvial, a qual é calculada por meio da distribuição gama incompleta. A função normal inversa (Gaussiana) é aplicada a essa probabilidade, resultando no SPI. A classificação dos eventos de anomalia de chuva está descrita na tabela 1.

Tabela 1: Valores de SPI e classificação dos eventos de anomalias de chuvas.

<b>Valor de SPI</b>	<b>Severidade da seca</b>
$\geq 2,00$	Chuva extrema
1,99 a 1,55	Chuva severa
1,49 a 1,00	Chuva moderada
0,99 a - 0,99	Normal
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
$\leq -2,00$	Seca extrema

#### **2.3.4. Análise de agrupamento**

Por meio do método hierárquico de agrupamento de Ward (Ward, 1963) foram gerados agrupamentos das estações meteorológicas que possuem os regimes de chuva semelhantes entre si utilizando os totais mensais para cada ano. Segundo Hair et al. (2005), o método de Ward consiste em um procedimento de agrupamento hierárquico no qual a medida de similaridade usada para definir agrupamentos é dada pela soma de quadrados entre os dois agrupamentos. Esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido à minimização de variação interna. Em cada estágio, combinam-se os dois agrupamentos que apresentarem menor aumento na soma global de quadrados dentro dos agrupamentos. A regionalização foi feita com base no dendrograma resultante e estruturada em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

#### **2.3.3. Análise de tendência**

Para a avaliação da tendência das chuvas foi utilizado o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945, Kendall, 1975). Ele considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (Sousa, 2011). Goossens e Berger (1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em série climatológicas e permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência. Apesar de esse teste permitir detectar tendências estatisticamente significativas não fornece estimativas das magnitudes dessas tendências. O nível de confiança adotado nas análises foi de 0,05.

#### **2.4. Execução das análises**

O desenvolvimento dos modelos operacionais constituiu uma pesquisa minuciosa dos métodos selecionados, visando à obtenção de soluções algébricas e a sua implementação no meio computacional por meio do desenvolvimento de scripts em linguagem PHP. Ao total, foram desenvolvidas algumas dezenas de scripts com objetivos específicos e orientados ao objetivo geral descrito anteriormente.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3. 1. Ocorrência de chuvas cíclicas na MRS**

A análise espectral mostrou a existência de quatro ciclos significativos ( $p < 0.05$ ). O ciclo mais notável tem periodicidade de 22 anos, equivalente ao período do ciclo de Hale, que



representa o período de inversão do campo magnético do Sol (magnetosfera solar) com sinais no clima terrestre (Raspopov et al., 2004; Rigozo et al., 2007; Rigozo et al., 2008; Baker, 2008, Dobrica et al., 2009). Outro ciclo importante tem período de 10,5 anos que corresponde à metade da periodicidade de ciclo de Hale e se assemelha à periodicidade do ciclo de Schwabe (10.5 a 11.5 anos), que representa um fenômeno da intensificação das manchas solares, as quais têm sido relatadas como condicionantes do clima na Terra (Rigozo et al., 2008; Nicola, 2009; Nicola, 2010). Também foram notados períodos na faixa dos 12 anos e entre 38-40 anos, aos quais não foram associados até agora a nenhum ciclo natural identificado na literatura por nós consultada.

### **3.2. Ocorrência de anomalias de chuvas na MRS**

O SPI acompanha as curvas de precipitação pluviométrica no tempo, no entanto, ele permite estabelecer os limites estatísticos para os eventos de precipitações menores (ex. secas) e maiores (ex. chuvas intensas), possibilitando a comparação desses eventos com os padrões normais, que facilita a compreensão da importância desses eventos na sociedade e na natureza. Numa análise para o conjunto de todos os dados pluviométricos da MGS, notou-se que os anos anteriores a 1970 são mais típicos de seca que os posteriores a 1970. Destacam-se como "seca severa" os anos de 1915 e 1958 e como "seca extrema", o ano de 1919. Em termos relativos ao conjunto total de dados (de 1910 a 2010), os últimos 40 anos tiveram apenas três episódios notáveis de seca anual (1983 spi = -1.29, 1993, spi = -1.00, 1998 spi = -1.19), considerados "moderadamente secos".

Numa análise similar, mas centrada no mês mais chuvoso (abril) e mais seco (setembro), nota-se algo semelhante. Setembro de 1927 foi o mais seco de todos (SPI = -2.42) representando o único evento classificado como "extremamente seco". Temos três meses de setembro considerados "severamente secos" (1916, 1951 e 1998). Posteriormente a 1960, ocorreram meses de setembro tipicamente mais chuvosos e menos secos, sendo que os eventos de seca se classificam geralmente como "moderadamente seco" e "seca incipiente". Para abril, o mês mais chuvoso, tem-se um padrão similar, ou seja, uma tendência a eventos de seca anteriores a 1960, sendo que nos anos posteriores a secas são menos frequentes, apresentando maiores índices pluviométricos.

É particularmente notável um período entre 1960 e 1980 em que os índices pluviométricos foram superiores, com raros eventos de seca, seja em setembro, seja em abril. É bem provável, mas não comprovado, que este aumento de chuvas ao longo destas três décadas esteja associado à combinação dos ciclos de Hale, Schwabe e um dos ciclos não identificado de 38-40 anos discutido anteriormente. Desta forma, é razoável considerar que as séries temporais mostram fenômenos cíclicos associados a tendências lineares na precipitação.

### 3.4. Identificação de agrupamentos espaciais similares em relação às chuvas

Foi efetuada uma varredura no banco de dados, na busca de uma sequência contínua, sem interrupções, visando à elaboração de uma análise de agrupamento. Assim, foram selecionadas 25 estações, num total de 49 anos (de 1935 a 1983).

A análise de agrupamento considerou uma distância euclidiana de valor 100 e gerou quatro agrupamentos de estações meteorológicas com comportamento espaço-temporal similar, porém com comportamento distinto entre os grupos. O grupo 4 apresentou uma única estação isolada, sendo mais provável uma inconsistência dos dados originais que um fenômeno importante, sendo retirado da discussão subsequente. Os grupos 1, 2 e 3 são espacialmente explícitos, caracterizando áreas de precipitação homogênea (AH) na MGS (Figura 2). A Figura 3 mostra o comportamento sazonal destas AH.

Dos municípios que correspondem ao núcleo de desertificação do Seridó, Currais Novos, Parelhas, Acari e Carnaúba dos Dantas têm seus territórios divididos entre as AH 1 e 2, Equador está na AH 1 e Cruzeta na AH 2 (Figura 2).

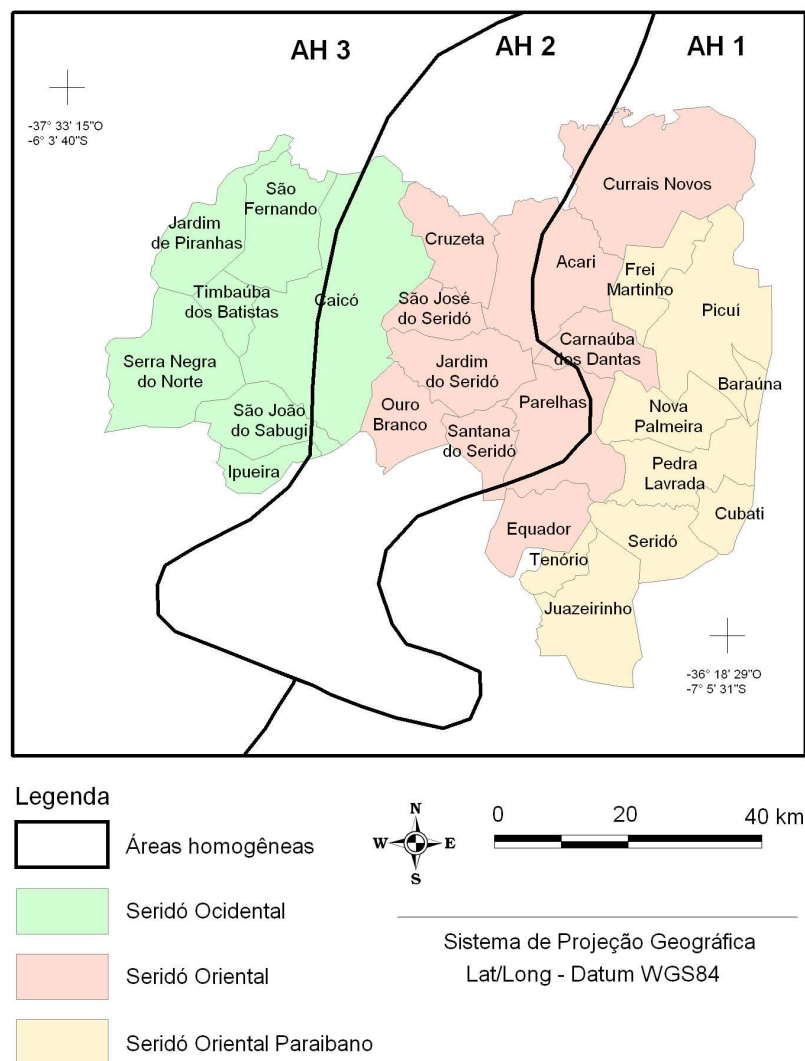


Figura 2: Áreas Homogêneas (AH) em relação à similaridade de chuvas na MGS.

A relação seja ela causal ou casual, entre o relevo e as chuvas facilitou a delimitação das três AH da Figura 2. Desta forma, pode-se dizer que as chuvas, além de definirem áreas homogêneas, apresentam uma nítida correlação espacial na MGS. É possível afirmar que as chuvas aumentam num gradiente "leste-oeste" e num gradiente "áreas altas - áreas baixas".

Abaixo segue uma breve caracterização destas três AH:

A AH 1 é composta por nove estações meteorológicas, está localizada a leste, na topografia mais elevada da MGS e contempla a área do Seridó Oriental Paraibano e parte do Seridó Oriental. A precipitação pluvial média diária é de 1,2 mm/dia. O ano com menor média de chuvas foi 1938 com 0,009 mm/dia e o ano em que a média foi maior foi 1935 com 4,12 mm/dia.

A AH 2 é composta por oito estações meteorológicas, está localizada no centro da MGS e contempla parte do Seridó Ocidental e parte do Seridó Oriental. A precipitação pluvial média é de 1,7 mm/dia. O ano com menor média de chuvas foi 1938 com 0,1 mm/dia e o ano em que a média foi maior foi 1975 com 5,31 mm/dia.

A AH 3 é composta por sete estações meteorológicas, está localizada mais a oeste na topografia mais baixa da MGS e contempla parte do Seridó Ocidental. A precipitação pluvial média é de 2,1 mm/dia. O ano com menor média de chuvas foi 1938 com 0,06 mm/dia e o ano em que a média foi maior foi 1977 com 7,44 mm/dia.

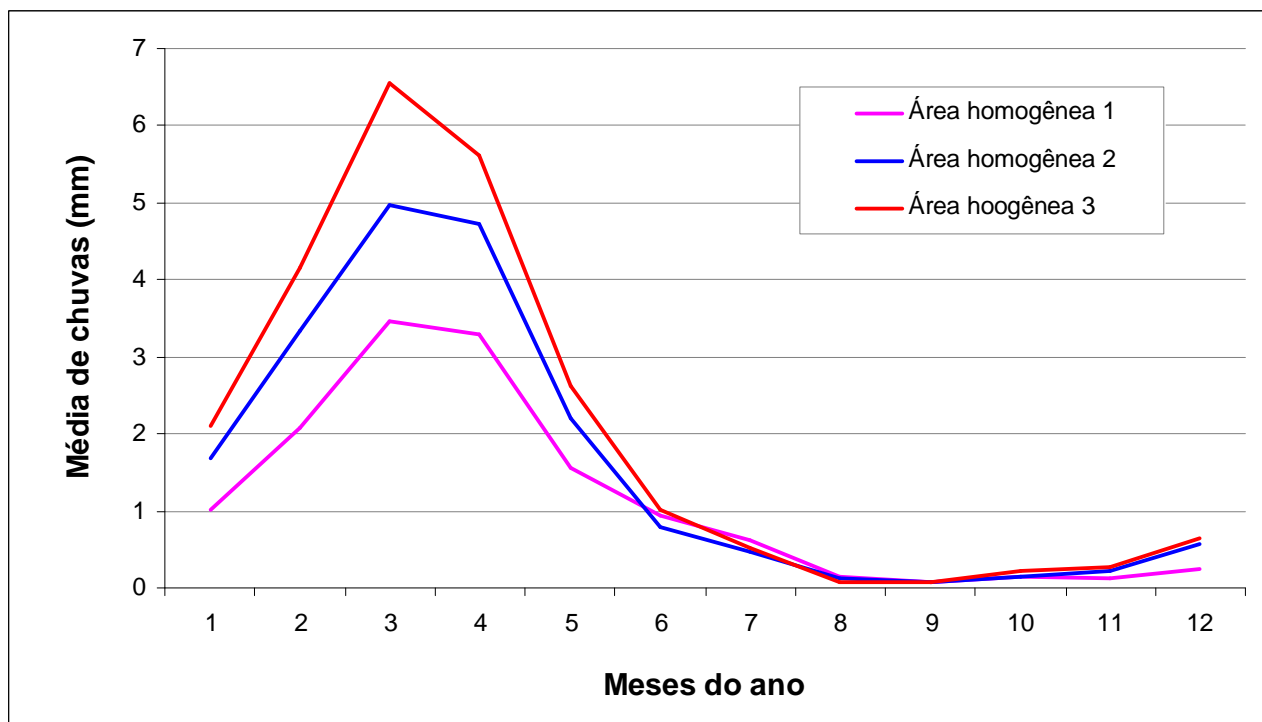


Figura3: Média diária de chuvas (mm) ao longo dos meses do ano da série temporal analisada (1935 a 1983) nas três áreas homogêneas identificadas na MGS.

### 3.3. Identificação de tendências

Na Tabela 2 são mostrados os dados relacionados ao teste de tendência para a precipitação na área de estudo. Os resultados mostram um significativo aumento das chuvas com o tempo (entre 1935 e 1983) para os dados agrupados para toda a MGS. Contudo, na análise separada por áreas homogêneas, somente a AH 2 apresenta tendência.

A análise combinada de grupos de estações meteorológicas similares e as respectivas análises de tendência temporal para tais grupos requerem alguns cuidados básicos, a começar pelo fato de que dados de média anual não resguardam necessariamente muitos fenômenos sazonais importantes. Contudo, dados com maior resolução temporal, como a pluviosidade mensal, mais adequada para este fim, esbarram no problema de que as séries mensais apresentam maior número de interrupções que as séries anuais. O banco de dados mostra muitas interrupções mensais nos registros da série entre 1910 e 2010. No geral, os registros obtidos apresentaram um declínio severo no período entre 1983 e 1992 e atualmente para a MGS os registros são praticamente escassos.

Tabela 2: Análise de tendência com base em testes de Mann-Kendall precipitação média anual na série temporal de 1835 a 1983 para a MGS

Código	$\tau$ (tau de kendall)	p (95%)	Significado
Toda a área	0.140164	0.000461	Tendência positiva
Área 1	0.119013	0.111217	Tendência inexistente
Área 2	0.165121	0.015455	Tendência positiva
Área 3	0.08926	0.190528	Tendência inexistente

### 3.5. A caracterização do comportamento das chuvas na MGS e a escolha dos municípios para a aplicação dos questionários

Os resultados apresentados anteriormente mostram que os dados de chuvas na MGS são bem estruturados espacialmente e temporalmente e que as chuvas vêm aumentando nos últimos 100 anos na MGS quando analisada na sua totalidade ou, quando analisada em partes, na AH 2. Considerando a existência de fenômenos cíclicos observados, deve-se ponderar que cada sujeito entrevistado poderá ter mais experiência, ou percepção mais acurada, para uma determinada fase destes ciclos. Isso é particularmente importante diante do fato de que tais ciclos apresentam períodos decadais ou multidecadais. Uma pessoa mais idosa pode ter tido experiências em relação aos eventos climáticos diferentes das experiências de indivíduos mais jovens. Assim, a percepção destes sujeitos pode variar em função não somente da sua idade, mas em função de que sua maior idade poderia favorecer uma experiência distinta, reconhecendo ou percebendo o

clima em suas "várias fases". Desta forma, a seleção mais adequada dos sujeitos entrevistados pode ajudar a verificar a existência de correlações entre os ciclos registrados nas chuvas e os ciclos registrados na percepção da população local mais idosa.

A estruturação espacial das chuvas, sobretudo pela existência de três AH em relação às chuvas, sendo as mesmas dispostas num gradiente ascendente de pluviosidade no sentido "leste-oeste" e num relevo "alto-baixo", apresenta uma contribuição significativa na escolha dos municípios a serem investigados nas atividades de campo. Assim, sugerimos que, para fins de representatividade estatística dos dados de campo, sejam selecionados municípios de cada uma das AH da MGS, mantendo certo equilíbrio no número de município em cada uma. Desta forma, os dados abarcariam a heterogeneidade inter-regional das chuvas, mantendo a representatividade por meio de réplicas das AH (intra-regional).

A escolha restrita a municípios contidos exclusivamente numa mesma área poderá resultar em respostas mais homogêneas em termos perceptivos, contudo poderá não abarcar toda a heterogeneidade climática da MGS.

Considerando a multiplicidade de fatores que estão relacionados ao processo de desertificação, em especial a ação antrópica (Nimer, 1980, 1988) é importante que os questionamentos acerca da percepção dos moradores em relação ao clima e como esses vêm conduzindo suas práticas agrícolas sejam realizados em diferentes municípios da MGS. Contemplar tanto o núcleo de desertificação como os arredores, nas três AH identificadas, é fundamental na discussão do processo de desertificação.

A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação conceitua o termo como sendo "a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas". Segundo Nimer (1988) seja ela de causa natural, antrópica ou ambas, a desertificação tem sido caracterizada por uma crescente degradação ambiental expressa no ressecamento e perda de capacidade dos solos.

Se as condições climáticas podem agravar a exposição a processos de desertificação, com a intensificação de formas de uso da terra e processos produtivos inadequados, o diálogo em torno destas práticas se faz necessário entre os produtores rurais. Apesar de Lambin (1993) afirmar que na escala local o processo de desertificação não pode ser percebido, pois se baseia na percepção cotidiana daqueles que manejam a terra, na "guerra" contra a Desertificação as batalhas que definem vitória ou derrota precisam ser trabalhadas ao nível local (Krugmann, 2001 apud Oliveira-Galvão, 2001).

Num segundo momento a análise conjunta da percepção climática dos agricultores, das práticas agrícolas adotadas e a caracterização das chuvas na região poderá direcionar à elaboração do material didático que será produzido como retorno aos agricultores desses

municípios onde foi realizada a pesquisa. Esse material poderá conter orientações importantes sobre manejo da terra e as implicações do uso de práticas inadequadas na aptidão das terras agriculturáveis tendo em vista o processo de desertificação na região.

#### **4. CONCLUSÃO**

O conjunto de análises utilizadas permitiu caracterizar vários aspectos do comportamento das chuvas ao longo do século passado e muitos questionamentos vieram à tona e precisarão ser mais bem tratados em termos estatísticos e interpretados, num segundo momento, juntamente com os dados de percepção do clima dos agricultores familiares locais. Isto inclui a dinâmica de veranicos, possíveis deslocamentos no início das estações chuvosa e seca, dentre outros.

A estratégia de formar agrupamentos de áreas similares quanto às chuvas permite compreender comportamentos espaciais distintos na área de estudo, o que é fundamental para proceder com a seleção de municípios de forma que contemple percepções dos moradores de acordo com diferentes relações que possam existir entre práticas culturais e as chuvas.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Nino-Oscilação Sul (ENOS). *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 7(2), 583-592, 1992.
- ANDREOLI, R. V; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.1, 63-74, 2007.
- ARAÚJO, L. E; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.2, 162-169, 2008.
- BAKER R. G. V. Exploratory Analysis of Similarities in Solar Cycle Magnetic Phases with Southern Oscillation Index Fluctuations in Eastern Australia. *Geogr Res* 46 (4):380-398, 2008.
- COEP – Rede Nacional de Mobilização Social. Banco de Práticas sobre Clima será lançado na Rio+20. Disponível em: <<http://www.radarrio20.org.br/index.php?r=noticias/view&id=240436>> Acesso em: 14 de junho de 2012.
- DOBRICA, V.; DEMETRESCU, C.; BORONEANT, C.; MARIS, G. Solar and geomagnetic activity effects on climate at regional and global scales: Case study-Romania. *J Atmos Sol-Terr Phy* 71 (17-18):1727-1735, 2009.

- GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*, Berlin, v.4, n.B4, p. 385-400, 1986.
- HAIR, J. F. ; ANDERSON, R. E. ; TATHAN, R. L. ; BLACK, W. C. Análise multivariada de dados. Trad. Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Further Work on the Prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. *Journal of Climate*, v. 6, p. 743-758, 1993.
- Hayes, M. J. Drought Indices. National Drought Mitigation Center. United States, 1999.
- HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; BAEZ, J.; BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; GARCIA, V. J.; GRIMM, A. M.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M. B.; MONCUNILL, D. F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. A. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, v. 19, p. 1490-1512, 2006.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge-Estados Unidos. 123 p. 2007.
- KRUGMANN, H. Toward improved indicators to measure desertification and monitor the implementation of the Desertification Convention. Disponível em:  
<<http://www.idrc.ca/books/focus/794/krugmann.html>>. Acesso em: 21 mar. 2001.
- LAMBIN, E. F. Spatial scales and desertification. *Desertification Control Bulletin*, Nairobi, v. 23, p. 20-23, 1993.
- MA, L. H.; VAQUERO, J. M. Is the Suess cycle present in historical naked-eye observations of sunspots? *New Astron* 14 (3):307-310. 2009.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Proc. 8th Conference on Applied Climatology, January 17-22, Am. Meteorol. Soc., Boston, p. 179-184, 1993.
- Ministério do Meio Ambiente. Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/\\_arquivos/129\\_08122008042625.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/129_08122008042625.pdf)>. 2007.
- MOLION, L. C. B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. *Revista Brasileira de Climatologia*. 4: 117-128. 2008.

- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, v.38, n.12, p.2653-2675, 1981.
- NARASHIMHAN, B. E.; SRINIVASAN, R. Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. In: *Agricultural and forest meteorology*, 133, p. 69-88, 2005.
- NICOLA, S. Empirical analysis of the solar contribution to global mean air surface temperature change. *J Atmos Sol-Terr Phy* 71 (17-18):1916-1923, 2009.
- NICOLA, S. Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillations and its implications. *J Atmos Sol-Terr Phy* 72 (13):951-970, 2010.
- NIMER, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 612-637, 1980.
- Nimer, E. Desertificação: mito ou realidade. Rio de Janeiro: *Revista de Geografia, IBGE*. V. 50, n. 1, p.7-39, 1988.
- NUNES, L. H.; LOMBRADO, M. A. A questão da variabilidade climática. Uma reflexão crítica. *Revista Instituto Geológico, São Paulo*, 16(1/2), 21-31, 1995.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. Reconhecimento da susceptibilidade ao desenvolvimento de processos de desertificação no Nordeste Brasileiro, a partir da integração de indicadores ambientais. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasil, 2001.
- PAULO, A. A.; FERREIRA, E.; COELHO, C.; E PEREIRA, L. S. Drought class transition analysis through markov and loglinear models. An approach to early warning. In: *Agricultural water management*, 77, pp. 59-81, 2005.
- PRESS, W. H.; et al. *Numerical Recipes in C*. Cambridge University Press, 1992.
- RASPOPOV O.M, DERGACHEV V.A, KOLSTROM T (2004) Hale cyclicity of solar activity and its relation to climate variability. *Sol Phys* 224 (1):455-463, 2004.
- RIBEIRO, W. C. Mudanças climáticas, realismo e multilateralismo. *Terra Livre, São Paulo*, ano 18, vol 1, n. 18, p. 75-84. 2002.
- RIGOZO, N. R.; NORDEMANN, D. J. R.; SOUZA ECHER, M. P.; ECHER, E.; DA SILVA, H. E.; PRESTES, A.; GUARNIERI, F. L. Solar activity imprints in tree ring width from Chile (1610–1991). *Journal of Atmospheric & Solar-Terrestrial Physics* 69 (9):1049-1056, 2007.
- RIGOZO N. R.; PRESTES, A.; NORDEMANN. D. J. R.; DA SILVA, H. E.; ECHER, M. P. S.; ECHER, E. Solar maximum epoch imprints in tree-ring width from Passo Fundo, Brazil (1741-2004). *J Atmos Sol-Terr Phy* 70 (7):1025-1033, 2008.



- SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, 303-312, 2007.
- SCHWARZENBERG-CZERNY, A. The distribution of empirical periodograms: LombScargle and PDM spectra. *Mon Not R Astron Soc* 301 (3):831-840, 1998.
- SOUSA, F. A. S.; MORAIS, H. F.; SILVA, V. P. R. Tendências e prognósticos de chuvas em seis microrregiões do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 02. p.252-263, 2011.
- SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de dipolo observados na bacia do atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 13(2), p. 45-55, 1998.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal American Association*, 58: 236 – 244 p, 1963.