

Estratégias para a redução de riscos de secas no Nordeste do Brasil

Marcos Airton de Sousa FREITAS

Agência Nacional de Águas – ANA, Ministério do Meio Ambiente, Especialista em Recursos Hídricos,
masfreitas@ana.gov.br

Resumo

É de suma importância dispor-se para os estados do Brasil, de instrumental de auxílio à tomada de decisões visando à redução de riscos de secas. Nesse sentido, aplicou-se ao nordeste do Brasil, diversos índices, de modo que diferenciadas ações mitigadoras pudessem ser implementadas, de acordo com os valores atingidos por esses parâmetros. Os seguintes índices meteorológicos foram empregados: o RAI (Rainfall Anomaly Index), o BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) e o LRDI (Lamb Rainfall Departure Index). Uma vantagem prática no uso desses índices é o acompanhamento mensal ou anual, dependendo da disponibilidade dos dados, do grau de severidade e duração dos períodos secos, permitindo, com isso, tomar medidas efetivas e em tempo hábil, objetivando minorar os impactos ocasionados por esses eventos extremos.

Abstract

It is extremely important to have instrumental aid to decision making in order to reduce disaster risks related to extreme hydrometeorological events such as drought. In this sense, several indexes have been applied to northeast Brazil, so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values achieved by these parameters. The following meteorological indices were used: the RAI (Rainfall Anomaly Index), the BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) and LRDI (Lamb Rainfall Departure Index). A practical advantage in using these indices is the monthly monitoring of the degree of severity and duration of dry periods, in order to mitigate the impacts caused by these extreme events.

Palavras-chave

Desastres naturais, redução de riscos de desastres, secas, índices de secas

1. INTRODUÇÃO

A precipitação e seus valores extremos (cheias e secas), no norte do Nordeste do Brasil, especialmente o estado do Rio Grande do Norte é, em parte, dependente dos fenômenos climáticos globais, como, por exemplos, a Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCTI), o El Niño, a Oscilação Sul, o Dipolo do Atlântico e outros (Freitas, 2010).

As secas se diferenciam nitidamente das demais catástrofes naturais. Ao contrário de outras ocorrências naturais como cheias, furacões e terremotos, que iniciam e terminam repentinamente, além de se restringirem, normalmente, a uma pequena região, o fenômeno das secas tem, quase sempre, um início lento, uma longa duração e espalha-se, na maioria das vezes, por uma extensa área. Analisando 31 tipos de catástrofes naturais (climáticas e geológicas), dentre furacões, cheias, terremotos, tsunamis, vulcões, etc., com base nos parâmetros característicos e efeitos causados pelas mesmas, tais como duração da catástrofe, área de atuação, número de vítimas fatais, prejuízo econômico, duração dos efeitos, consequências sociais, etc., BRYANT (1991) concluiu que as secas são, dentre todos os fenômenos, o mais grave.

O Nordeste do Brasil, no qual está inserido o estado do Rio Grande do Norte, é uma região considerada problemática, devido aos constantes períodos de longa estiagem e à estrutura sócio-econômica reinante. Trata-se, pois, de uma região onde os problemas se acumulam, levando-se a atingir situações críticas. Além das tradicionais medidas de emergências (distribuição de comida e água através de carros-pipas e criação de frentes de trabalho) durante os períodos de secas, foram construídos ao longo dos últimos cem anos inúmeros reservatórios superficiais. Seria, entretanto, de suma importância medidas de racionalização do uso da água para a agricultura, por meio de ações de otimização. Além disso, o desenvolvimento de modelos de previsão de longo prazo de secas e de cheias serviria para sinalizar a plantar culturas condizentes com a disponibilidade de água existente (ou prevista).

2. MARCO INSTITUCIONAL, LEGAL E CONCEITUAL: GESTÃO DE DESASTRES

Dentre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, encontra-se em seu Art. 2º, § III, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, a qual dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, confirmar em seu Art. 4º que, a atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cabendo-lhe, dentre outras atividades, a de planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios.

O Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010, que tem como finalidade regulamentar a Medida Provisória nº 494 de 2 de julho de 2010, dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, em seu Art. 5º § 6º, estabelece que “para coordenar e integrar as ações do SINDEC em todo o território nacional, a Secretaria Nacional de Defesa Civil manterá um centro nacional de

gerenciamento de riscos e desastres, com a finalidade de agilizar as ações de resposta, monitorar desastres, riscos e ameaças de maior prevalência”.

De acordo com a Portaria nº 436, de 28 de fevereiro de 2007, em seu Art. 1º, estabelece que compete à Secretaria Nacional de Defesa Civil, órgão específico e singular, integrante da estrutura regimental do Ministério da Integração Nacional, operacionalizar o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, promovendo a consolidação e a interligação das informações de riscos e desastres, especialmente as de monitorização, alerta e alarme, e de ações emergenciais, no âmbito do SINDEC. Conforme o Art. 2º, a Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC tem, dentre sua estrutura, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD.

Conforme UNISDR (2004), **desastre** é definido como “evento que possa causar danos físicos, fenômeno ou atividade humana que pode causar a perda de vidas ou ferimentos, danos à propriedade, rupturas sociais e econômicas ou degradação ambiental”. Desastres podem incluir condições latentes, que podem representar ameaças futuras e pode ter diferentes origens: natural (geológica, hidrometeorológica e biológica) ou induzida por processos humanos (degradação ambiental e desastres tecnológicos).

Risco é definido como a “probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas esperadas (mortes, lesões, propriedades, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou degradação do ambiente), resultado de interações entre ameaças naturais ou antrópicas e condições de vulnerabilidade” (UNISDR, 2004). Consoante Castro (1999), risco é, pois, a medida de danos e prejuízos potenciais, expressa em termos de: i) probabilidade estatística de ocorrência; ii) intensidade ou grandeza das consequências possíveis.

Vulnerabilidade é definida como “as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de desastres” (UNISDR, 2004). De acordo com o UNISDR (2007), as principais lacunas e desafios específicos são identificados nas seguintes cinco áreas principais: i) governança (organizacionais, estruturas legais e políticas); ii) identificação de riscos, avaliação, acompanhamento e de alerta precoce; iii) gestão do conhecimento e da educação; iv) redução dos fatores de risco subjacentes; v) preparação para uma resposta eficaz e de recuperação.

Redução do risco de desastres (DRR) inclui todas as políticas, estratégias e medidas que podem tornar as pessoas, vilas, cidades e países mais resistentes a riscos e reduzir o risco e a vulnerabilidade aos desastres. A redução do risco de desastres inclui diferentes componentes, a saber (UNISDR, 2004):

- **Prevenção** integra todas as atividades de prestação direta no sentido de evitar o impacto negativo dos riscos e os meios para minimizar os desastres ambientais, tecnológicos e biológicos.
- **Mitigação** tem significados diferentes para profissionais das comunidades de mudança climática e de gestão de desastres, muitas vezes levando a confusão. Para a gestão de desastres, mitigação concentra-se em medidas estruturais e não estruturais levadas a cabo para limitar o impacto adverso dos desastres naturais, degradação ambiental e riscos tecnológicos.
- **Preparação** é o conjunto de atividades e medidas tomadas antecipadamente para assegurar uma resposta eficaz ante o impacto de desastres, incluindo a emissão,

oportuna e eficaz, de sistemas de alerta precoce e a evacuação da população da área ameaçada.

- **Recuperação** consiste em decisões e ações tomadas após um desastre para restaurar ou melhorar as condições de pré-desastre de vida da comunidade atingida.
- **Reconstrução** é o conjunto de ações tomadas após um desastre para ativar os serviços básicos para retomar o funcionamento, reparar danos físicos e instalações da comunidade, reativar atividades econômicas e apoiar o bem-estar psicológico e social dos sobreviventes.

Neste artigo abordaremos estratégias e metodologias notadamente para os itens relacionados à prevenção e à mitigação. FREITAS (2010) apresentou as principais atividades e riscos inerentes à Gestão de Secas em Bacias Hidrográficas. Dentre essas atividades cabe aqui ressaltar o monitoramento de secas, tendo como incerteza nesse processo: a identificação dos índices de secas; coleta, processamento e transmissão dos dados e as incertezas operacionais. Como riscos envolvidos podem ser citados: parâmetros (índices) de monitoramento inadequados; falta de recursos financeiros; identificar e aperfeiçoar índices adequados à região; aprimorar sistemas de informações e banco de dados; elaborar mapas de vulnerabilidade e de riscos (Freitas, 2010). Objetiva-se com esse artigo suprir algumas dessas deficiências.

FREITAS (1996a) apresentou uma metodologia de análise regional integrada do fenômeno das secas (Figura 1) composta dos seguintes tópicos: (1) definição dos diversos tipos de secas; (2) previsão e monitoramento; (3) gerenciamento dos recursos hídricos; (4) avaliação dos efeitos e (5) planejamento das ações mitigadoras. FREITAS (1996b), bem como FREITAS & BILLIB (1997) demonstraram a viabilidade de utilização de modelos de previsão de secas para o Nordeste do Brasil: modelos estatístico-probabilísticos e modelos neuro-fuzzy. Neste artigo, dar-se-á ênfase ao monitoramento meteorológico, em especial, à análise de diversos índices, os quais ao serem implementados em um Sistema de Suporte à Decisão, auxiliam no acompanhamento dos parâmetros característicos dos períodos de secas.

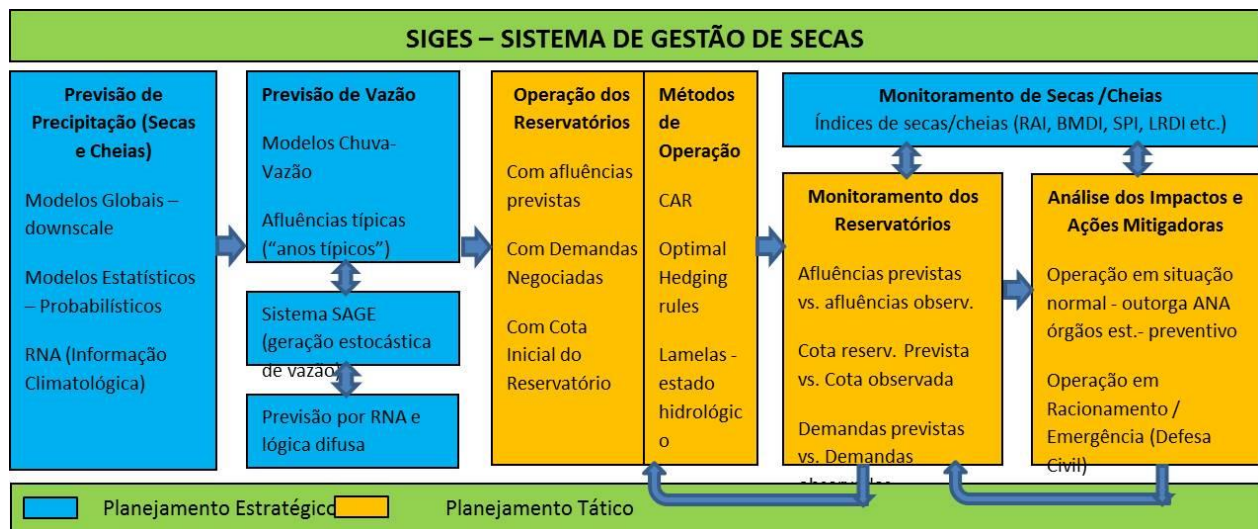


Figura 1: SIGES – Sistema de Gestão de Secas

No Nordeste Brasileiro a previsão e o monitoramento de períodos de secas são particularmente úteis devido aos seguintes aspectos: (1) a existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios; (2) o abastecimento d'água das grandes cidades é, em sua maioria, dependente direto do escoamento dos rios, ou indiretamente do volume acumulado nas barragens; (3) a maioria das culturas agrícolas dependem exclusivamente da regularidade das chuvas e (4) a possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada ao da água superficial.

3. ÍNDICES DE SECAS METEOROLÓGICAS

O monitoramento de períodos de secas pode ser efetuado através do emprego de índices. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca, assim como as diferenciadas medidas a serem efetivadas de acordo com os valores atingidos por tais parâmetros. O método mais conhecido e largamente empregado para a investigação da distribuição espacial e temporal dos períodos de secas é o da determinação de certo índice de seca. Este pode, em geral, ser definido como um valor, que representa o efeito acumulado ocasionado por um longo período de déficit de umidade.

No monitoramento de secas são usados, normalmente, índices como medida da severidade de um período seco. De acordo com sua formulação os índices podem ser classificados em meteorológicos, hidrológicos e agrícolas. Embora a precipitação seja um fator importante, o clima de uma determinada região não deve ser classificado em seco ou úmido com base apenas nas séries de precipitação. A evapotranspiração desempenha, particularmente em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil, um papel fundamental. Além disso, precipitação e evapotranspiração provêm de causas meteorológicas distintas. É mister observar se a precipitação é maior ou menor do que a evapotranspiração, dentre vários outros aspectos. A seguir, diversos índices são investigados com o intuito de determinar a possibilidade de suas aplicações práticas em um sistema de monitoramento de secas no Nordeste do Brasil.

3.1 Rainfall Anomaly Index (RAI)

Freitas (1999) implementou e aplicou o Rainfall Anomaly Index (RAI) pioneiramente no Brasil, incorporando-o a um sistema de monitoramento de gestão de secas (Freitas, 1998; Freitas, 2005). Para tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação ROOY (1965) apresentou o índice a seguir:

$$RAI = 3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas}$$

$$RAI = 3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas}$$

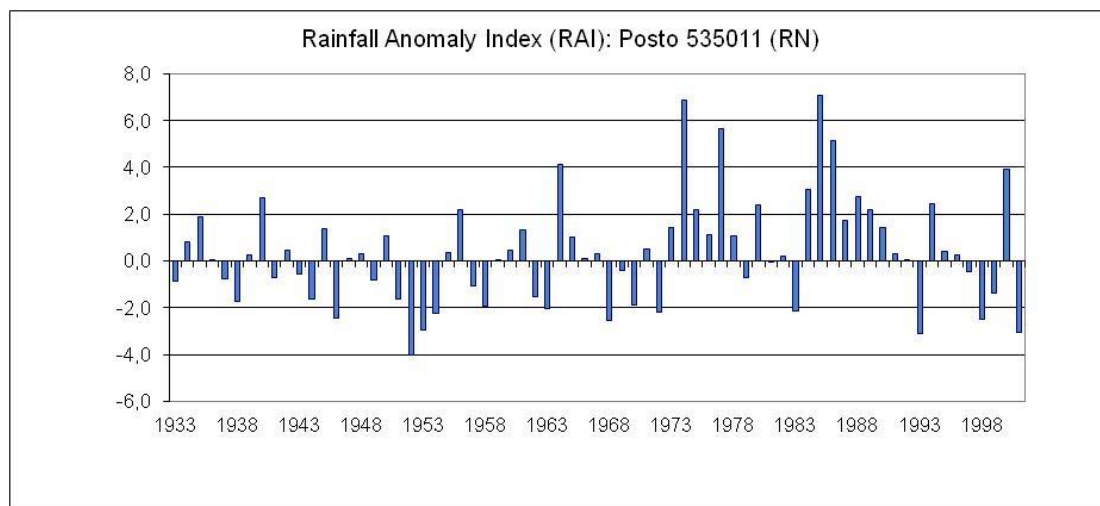
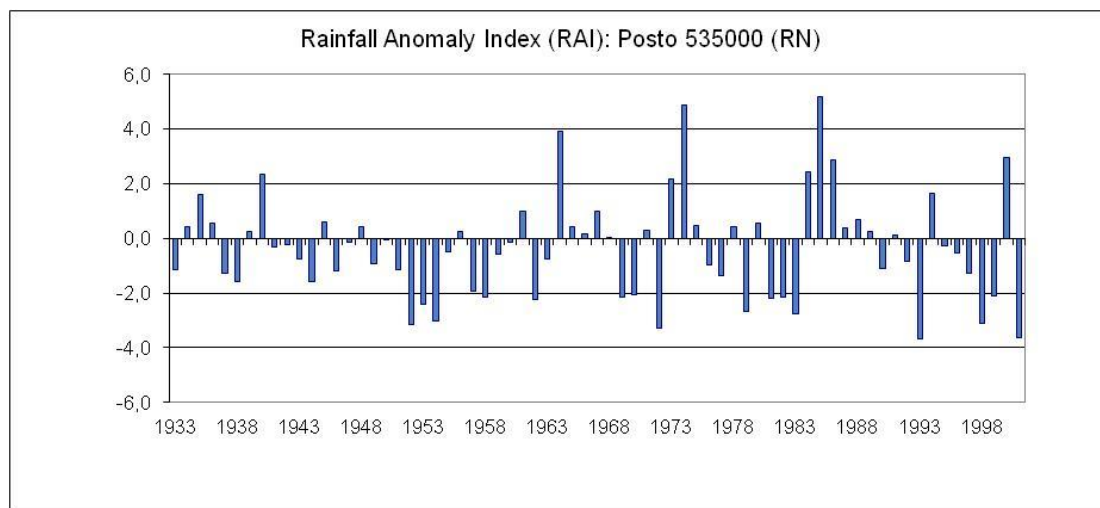
sendo:

N = precipitação mensal atual;

\bar{N} = precipitação média mensal da série histórica;
 \bar{M} = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica;
 \bar{X} = média das dez menores precipitações mensais da série histórica.

A figura 2 apresenta a aplicação desse índice para três postos pluviométricos do Estado do Rio Grande do Norte. Com base nesse índice é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos. Ele serve ainda para avaliar a distribuição espacial de uma seca, consoante sua intensidade.

3.2 Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI)



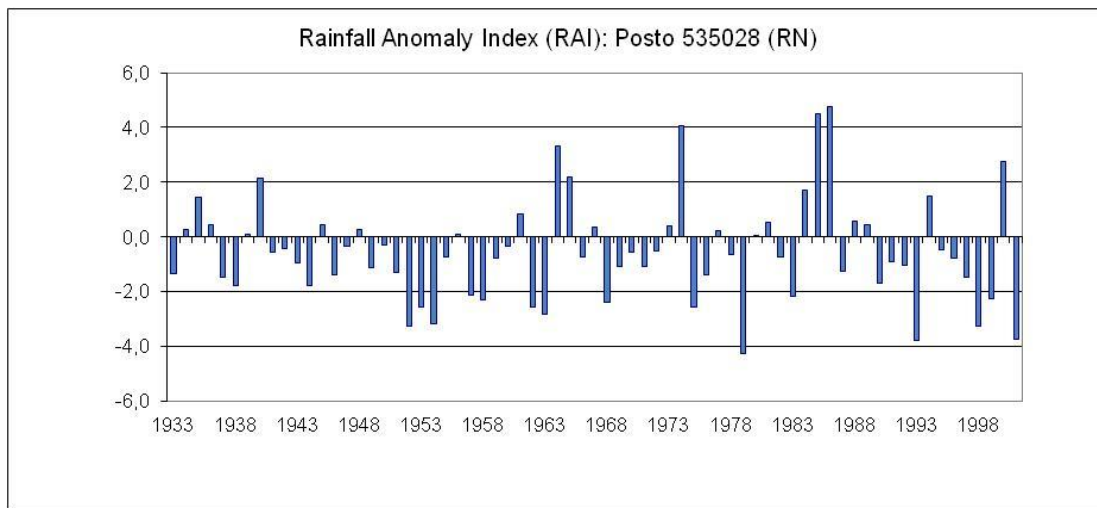


Figura 2: Rainfall Anomaly Index (RAI) para três postos pluviométricos do Estado do Rio Grande do Norte.

PALMER (1965) apresentou um procedimento de balanço de água, que ficou depois conhecido como **Palmer Drought Severity Index (PDSI)**, para a região semi-árida do oeste do Estado do Kansas e para a região sub-úmida de Iowa, nos Estados Unidos. O PDSI é calculado tendo como base os dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc. e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração.

HAVENS (1969), assim como STEILA (1971), ALLEY (1984 e 1985), GUTTMAN (1991), demonstraram que o PDSI não era um bom indicador das condições de umidade, particularmente, nos períodos secos. Outra desvantagem do PDSI resulta do fato de que a regularização da vazão superficial não é considerada. Além disso, HUTCHINSON et al. (1992) demonstraram que o PDSI não apresentava nenhuma vantagem em relação ao uso da técnica dos quantis na avaliação do início e da severidade dos períodos de secas.

Em um estudo nas regiões tropicais da Índia, BHALME & MOOLEY (1979, 1980) também evidenciaram esses mesmos problemas. Eles, então, propuseram uma modificação do índice original, de modo a incorporar as condições climáticas vigentes na Índia. Tal índice ficou conhecido por Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI). Apresenta-se aqui a aplicação desse novo índice para o Estado do Rio Grande do Norte.

Devido ao fato de esse índice apresentar tanto valores positivos quanto negativos ele pode ser utilizado na avaliação de períodos de secas e de cheias. O valor médio para o 1º semestre do ano, aplicado aos postos do Rio Grande do Norte (1931-2000) é mostrado na figura 3. O valor atual, mensal, acumulado do BMDI durante o período de crescimento das culturas ou do período chuvoso (janeiro a junho) pode ser, então, comparado com os valores históricos da região, de modo a se ter um controle permanente da condição de umidade.

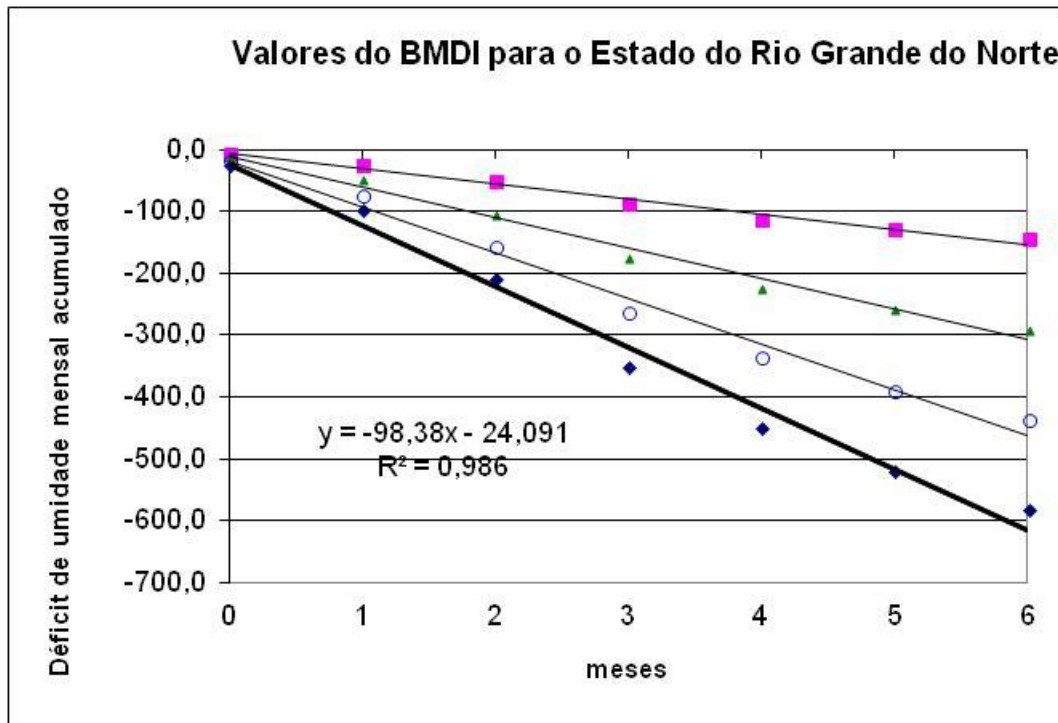


Figura 3: Valores de BMDI para o Estado do Rio Grande do Norte

3.3 Lamb Rainfall Departure Index (LRDI):

O cálculo desse índice (LAMB et al., 1986) consiste de um procedimento de normalização, através do qual os desvios médios da precipitação de diversos postos de uma dada região são agrupados na determinação de um índice único, dado por:

$$LRDI = \frac{1}{t_j} \sum_{i=1}^{t_j} \frac{N_{i,j} - \bar{N}_i}{S_i}$$

$N_{i,j}$ = precipitação no ano j do posto i;

\bar{N}_i = precipitação média anual do posto i;

S_i = desvio padrão da precipitação anual do posto i;

t_j = número de postos com precipitação no ano j.

Uma vantagem capital desse método é que todas as séries de precipitação, as quais normalmente apresentam muitas falhas, podem ser assim mesmas usadas na determinação de um índice regional. A figura 4 apresenta o resultado da precipitação dessa metodologia aos postos pluviométricos analisados, no período de 1931-2000, no Estado do Rio Grande do Norte.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diversos índices meteorológicos - RAI (Rainfall Anomaly Index), BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index), HSI (Herbst Severity Index) e LRDI (Lamb Rainfall Departure Index) - foram modificados e incorporados a um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) para o acompanhamento das características básicas dos períodos de seca, quais sejam, duração, severidade e intensidade, de modo que diferenciadas ações mitigadoras pudessem ser de fato implementadas, de acordo com os valores atingidos por esses parâmetros. Uma vantagem crucial no uso desses índices é o acompanhamento quase simultâneo do grau de severidade e duração dos períodos secos, permitindo, que se tomem medidas efetivas e em tempo hábil, objetivando minorar os impactos ocasionados por uma seca.

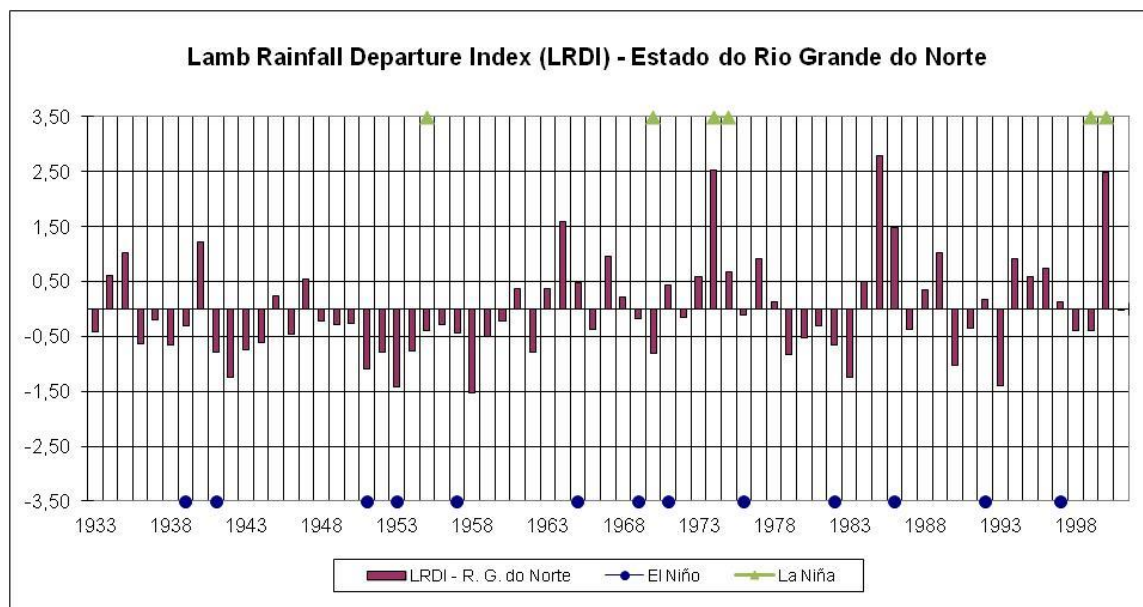


Figura 4: Valores de LRDI para o estado do Rio Grande do Norte.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Agência Nacional de Águas – ANA, do Ministério do Meio Ambiente e ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, do Ministério da Integração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEY, W.M., 1984: The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1100-1109.
- ALLEY, W.M., 1985: The Palmer Drought Severity Index as a Measure of Hydrologic Drought, *Water Resources Bulletin*, 21(1), 105-114.
- ARAÚJO, Lincoln Eloi , Aline Costa Ferreira, João Miguel de Moraes Neto, Francisco de Assis Salviano de Sousa VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO CARIRI PARAIBANO *Revista Educação Agrícola Superior* - v.22, n.2,p.23-26, 2007.

BHALME, H.N., D.A. MOOLEY, 1979: On the Performance of Modified Palmer Index, Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology, Ser. B, 27, 281-295.

BHALME, H.N., D.A. MOOLEY, 1980: Large-Scale Drought/Floods and Monsoon Circulation, Monthly Weather Review, 108, 1197-1211.

BRYANT, E., 1991: Natural Hazards, Cambridge University Press, 294 pag.

Castro, A. L. C., 1999: Manual de Planejamento em Defesa Civil – Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999, 4v.

Castro, A. L. C., 2007: Manual de Desastres: desastres naturais – Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil.

CHAGNON, S.A., 1980: Removing the Confusion over Droughts and Floods: The Interface between Scientists and Policy Makers, Water International, 10-18.

FREITAS, M.A.S., 1996a: Aspectos a Serem Considerados Quando de uma Análise Regional Integrada de Secas, Revista Tecnologia - UNIFOR, vol. 17, 9-17.

FREITAS, M.A.S., 1996b: Previsão de Secas por Meio de Métodos Estatísticos e Redes Neurais e Análise de Suas Características Através de Diversos Índices (Ceará - Nordeste do Brasil), IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, 6 a 13 de novembro de 1996.

FREITAS, M.A.S., 1997a: Regionale Dürreanalyse anhand statistischer Methoden und Neuro-Fuzzy-Systemen mit Anwendung für Nordost-Brasilien, Doctoral Dissertation, University Hannover, Germany.

FREITAS, M. A.S., 1997b: Análise Estatística da Relação entre o Fenômeno do El-Niño e a Seca no Estado do Ceará, III Encontro de Iniciação à Pesquisa, de 15 a 17 de setembro de 1997, Resumos, Universidade de Fortaleza - UNIFOR.

FREITAS, M.A.S., 2010: Que Venha a Seca: modelos para gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas, Ed. CBJE, Rio de Janeiro, 413p.

FREITAS, M.A.S. & M.H.A. BILLIB, 1997: Drought Prediction and Characteristic Analysis in Semi-Arid Ceará / Northeast Brazil, Symposium “Sustainability of Water Resources Under Increasing Uncertainty”, IAHS Publ. No. 240, 105-112, Rabat, Marrocos.

GUTTMAN, N.B., 1991: A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index, Water Resources Bulletin, 27(5), 797-807.

GUTTMAN, N.B., J.R.WALLIS, & J.R.M.HOSKING, 1992: Spatial Comparability of the Palmer Drought Severity Index, Water Resources Bulletin, 28(6), 1111-1119.

HAVENS, A. V., 1969: Economic Impact of Drought on Water Systems in Passaic River Basin, n. J., New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station.

HERBST, P.H.; D.B. BREDEKAMP & H.M.G. BARKER, 1966: A Technique for the Evaluation of Drought from Rainfall Data, Journal of Hydrology, 4, 264-272.

HUTCHINSON, M.F.; R. MacARTHUR; D.I. SMITH, 1992: Short Summary of Analysis of Climatic Drought, In: Bureau of Resource Sciences, Drought and Decision Support.

LAMB, P.J., R. A. PEPLER & S. HASTENRATH, 1986: Interannual Variability in the Atlantic, Nature, 322, 238-240.

McDONALD, N.S., 1989: Decision Making using a Drought Severity Index, Proc. United Nations University Workshop, Need for Climate and Hydrologic Data in Agriculture in Southeast Asia, CSIRO Division of Water Research, Technical Memo 89/5.

McMAHON, T.A., 1993: Hydrologic Design for Water Use. In: Handbook of Hydrology, D. R. Maidment (ed.), McGraw-Hill, Inc.

PALMER, W.C., 1965: Meteorological Drought, Weather Bureau, U.S. Department of Commerce, Washigton, D.C., Research Paper n° 45, 1-58.

ROOY, M.P. van, 1965: A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notas, 14, 43.

STEILA, D., 1971: Drought Analysis in Four Southern States by a New Index, PhD Diss., Athens, Ga., The University of Georgia.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR) - Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction, Geneva, 2007, 28p.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR) - Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives, Geneva, 2004, 429p.