



## ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDADE AO FENÔMENO DA SECA (ISFS) PARA A BACIA DO RIO GUANDU, ESPÍRITO SANTO, BRASIL.

Walter B. Júnior<sup>1</sup>, Josemir A. Neves<sup>2</sup>, Genelício C. Rocha<sup>3</sup>, Flávio B. Justino<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Doutor em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, walter.junior@ufv.br.

<sup>2</sup>Matemático, Pesquisador Doutor da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, RN.

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Doutor Departamento de Solos da UFV, Viçosa, MG

<sup>4</sup>Climatologista, Prof. Doutor Departamento de Eng. Agrícola da UFV, Viçosa, MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Silva Nunes, UFPA, Belém, PA.

**RESUMO** - Esse trabalho teve por objetivo a adaptação do Índice de Susceptibilidade ao Fenômeno da Seca (ISFS) para a Bacia do Rio Guandu, região centro serrana do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. O uso do ISFS, como instrumento para os estudos das fragilidades municipais ao fenômeno da seca, indica que o estudo foi desenvolvido através de uma visão holística; pois este índice considera além da climatologia, aspectos da natureza física e uso dos solos, aspectos econômicos, sociais e os riscos de perda da safra agrícola e de falta de água para consumo humano e animal. O ISFS, que originalmente foi desenvolvido, para a avaliação de municípios da região Nordeste do Brasil (na qual a temporada chuvosa se desenvolve de fevereiro a julho), foi adaptado para ser utilizado em Bacias Hidrográficas na região Sudeste do Brasil (na qual o período chuvoso se desenvolve de outubro ao final de março). Por fim, foi testado e validado com os dados reais da Bacia do rio Guandu em três cenários climatológicos (seco, normal e chuvoso).

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças climáticas; previsão, monitoramento e gestão da seca.

## ADAPTATION OF THE INDEX OF SUSCEPTIBILITY TO DROUGHT (ISD) TO GUANDU RIVER BASIN, ESPÍRITO SANTO, BRAZIL.

**ABSTRACTS** - This study aimed to adapt the Index of Susceptibility to Drought (ISD) to Guandu River Basin, central mountainous region of Espírito Santo, southeastern Brazil. The use of ISD as a tool for studies of the weaknesses municipal drought phenomenon indicates that the study was developed through a holistic, because this index considers beyond climatology, physical aspects of nature and land use, economic, social and risks of loss of harvest and lack of water for human and animal consumption. The ISD, which originally was developed for the assessment of municipalities in the Northeast of Brasil (where the rainy season develops from February to July), was adapted for use in Watershed in Southeastern Brazil (in which the period rainy season runs from October to the end of March). Finally, it was tested and validated with real data from Guandu River Basin into three climatic scenarios (dry, normal and wet).

**KEYWORDS:** Climate change, forecasting, monitoring and management of drought.





## INTRODUÇÃO

Diferentes estudos indicam que o Brasil já está vulnerável ao agravamento do atual cenário de mudanças ambientais, especialmente quanto aos extremos climáticos (secas e enchentes). O aumento da temperatura, já está afetando globalmente sistemas físicos e biológicos, assim como a sociedade (saúde humana, disponibilidade hídrica, transportes rodoviários e fluviais, desastres naturais) (MARENGO et al., 2007).

Dentro deste contexto, a seca é um fenômeno de origem “natural” que se caracteriza pela diminuição da disponibilidade média de água num determinado território e durante certo período de tempo. A seca é, portanto, um fenômeno decorrente das alterações nos padrões de precipitação e a redução da quantidade de água precipitada, nas suas diferentes formas (chuva, granizo, neve) em relação aos níveis habituais (WILHITE, 1993; MARENGO et al., 2007). Além do monitoramento, o planejamento de ações para minimizar os efeitos da seca requer a previsão de sua ocorrência com certa antecedência. Atualmente, o desenvolvimento de ferramentas apropriadas para a previsão e alerta antecipado contra seca permanece um desafio (MORAIS et al., 2008).

No cerne do objetivo desse trabalho, o Índice de Susceptibilidade ao Fenômeno da Seca (ISFS), desenvolvido para o Semiárido do Nordeste Brasileiro; e que considera além da climatologia, aspectos da natureza física e uso dos solos, aspectos econômicos, aspectos sociais, e os riscos de perda da safra agrícola e de falta de água para consumo humano e animal a nível municipal, foi adaptado para ser utilizado, testado e validado com dados reais dos municípios que compõem a Bacia do rio Guandu, Espírito Santo, Sudeste do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Com 2.136 km<sup>2</sup> de área de drenagem, aproximadamente 4,65% do território capixaba, a bacia hidrográfica do rio Guandu localiza-se na região centro serrana do Estado do Espírito Santo, entre os paralelos 19°26' e 20°20' de Latitude Sul e meridianos 40°55' e 41°23' de Longitude Oeste. Pertence à rede hidrográfica da bacia do rio Doce; mais especificamente a seu baixo trecho. Em sua área de influencia estão inseridos, total ou parcialmente, os municípios de Brejetuba, Afonso Cláudio, Laranja da Terra e Baixo Guandu. Entre os principais afluentes destacam-se os rios São Domingos e do Peixe, pela margem esquerda e, pela margem direita, os rios Boa Sorte e Taquaral (BATISTA JUNIOR, 2012).

### Índice de Susceptibilidade ao Fenômeno da Seca (ISFS)

O IFSF é constituído de sete subindicadores (Figura 1). Os dois primeiros subindicadores, PV11 e PV12, representam as características físicas dos municípios, dadas pela aptidão agrícola dos solos, uso da terra e pela condição climatológica representada pela média pluviométrica histórica municipal. Os subindicadores que constituem os aspectos socioeconômicos, PV131, PV132 e PV133, representam as características da base rural, em função da proporção da população rural do município em relação à sua população total; da participação das atividades agropecuárias na economia desses municípios; e das condições de atenuação dos efeitos das secas por conta das receitas correntes per capita municipais (NEVES, 2010).



Os dois últimos subindicadores, PV21 e PV22, constituem o quadro de riscos associados às perdas das safras agrícolas, em função da distribuição de chuvas e o risco de falta de água, tanto para o consumo humano quanto para o animal (NEVES, 2010).

Seus resultados, apresentados em forma de mapas, tabelas e figuras são de fácil compreensão, demonstrando quais subindicadores municipais são fortes ou fracos, o que facilita a tomada de decisão pela gestão pública local.

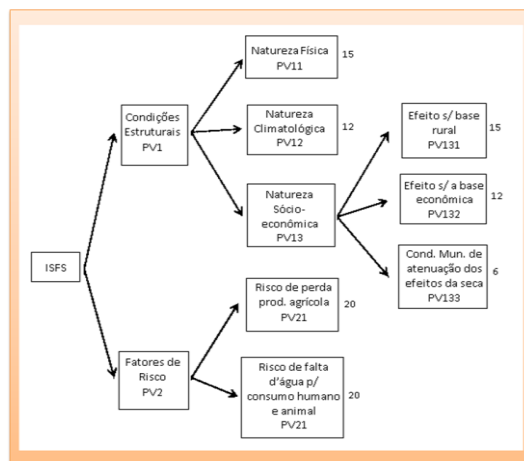


Figura 1: Arquitetura do ISFS. Fonte: Neves, 2010.

### Adaptação do Índice de Susceptibilidade ao Fenômeno da Seca para o âmbito da bacia Hidrográfica do rio Guandu

A utilização do ISFS no âmbito das bacias hidrográficas é uma metodologia inovadora de apoio à tomada de decisão à gestão de recursos hídricos. Esta ação vai de encontro às propostas da Lei 9433/97 – Lei das Águas, que Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual em seu Capítulo I, parágrafo IV, elege a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (BATISTA JUNIOR, 2012).

Para a adaptação do ISFS, para as condições do Estado do Espírito Santo, conseqüentemente para a Bacia do Guandu, foram necessárias adequações básicas ao índice anteriormente apresentado por Neves (2010), o qual norteia este trabalho. Tais adequações estão relacionadas à:

- i) Parametrização dos sete subindicadores às condições do Estado do Espírito Santo e as da bacia do Guandu;
- ii) Diferenças entre o início e fim de períodos chuvosos entre as regiões Sudeste e Nordeste (Semiarido), uma vez que o ISFS e o programa de cálculo do mesmo, estavam ajustados inicialmente à região nordeste.

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados como fontes de dados informações sobre; precipitações pluviométricas provenientes 14 estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), dispostas dentro e ao redor da bacia do rio Guandu; sobre áreas de lavouras permanentes, temporárias e em descanso, pastagens naturais e plantadas do Censo Agropecuário do IBGE (2006); dados populacionais do Censo do IBGE (2000); PIB rural e



total dos municípios do Espírito Santo – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); dados das receitas municipais da Secretaria do Tesouro Nacional - Ministério da Fazenda; dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Ministério das Cidades; e, informações da aptidão agrícola dos municípios – Secretaria de Agricultura do Estado do Espírito Santo (SEAG).

Inicialmente, durante a fase de adequação do uso do ISFS à bacia do Rio Guandu, foram necessários alguns ajustes estruturais no programa que operacionaliza o seu cálculo, uma vez que o mesmo foi originalmente desenvolvido para as condições de precipitação do Semiárido Brasileiro, onde a estação chuvosa se desenvolve no período de fevereiro a julho, ou seja, dentro do mesmo ano. Assim, para a aplicação as condições da bacia do Guandu no Espírito Santo houve uma mudança substancial na parametrização do período chuvoso que se inicia em outubro do ano corrente e se estende até março do ano posterior.

Nestas condições, adotou-se como convenção que o ano de referência para rodar o ISFS deverá ser o ano posterior ao ano de início do período chuvoso.

### VALIDAÇÃO E RESULTADOS

Para a realização dos testes do ISFS na bacia do Rio Guandu foram selecionados, dentro dos períodos chuvosos da série pluviométrica utilizada no estudo (1970 a 2002), três anos específicos. Estes foram usados para representar os cenários seco, normal e chuvoso, em termos da precipitação pluviométrica (outubro a março). Essa escolha foi realizada através da avaliação de mapas gerados em um estudo crítico das precipitações no período, utilizando o Índice de Precipitação Padronizada (SPI em inglês) mensais. Assim feito, foi escolhido o período de out/1994 à mar/1995 para representar o cenário SECO, out/1993 à mar/1994 o cenário NORMAL e out/1996 à mar/1997 o cenário CHUVOSO. Em seguida foi dada entrada no programa ISFS\_Sist de todas as variáveis necessárias ao cálculo do índice para esses períodos selecionados e procedido o cálculo do ISFS para os anos de 1994, 1995 e 1997, de acordo com o convencionado para o ano de referência de cálculo do índice descrito acima.

A classificação do ISFS dá-se em função dos Quantis(q) da distribuição do próprio índice para a massa de dados de ajuste da região de interesse em cinco categorias: alta susceptibilidade, média-alta susceptibilidade, média susceptibilidade, média-baixa susceptibilidade e baixa susceptibilidade. Os limites de variação para as classes do ISFS foram definidos em função dos resultados obtidos para o índice, nos anos rodados, o que resultou na tabela (1) de convenção abaixo:

Tabela 1: Tabela de referência para classificação do ISFS, ajustada as condições da Bacia do rio Guandu.

Categoria	Definição	Variação do ISFS	Cor
Alta susceptibilidade	$ISFS > q_{0.85}^*$	$ISFS > 73,96262$	Red
Média-alta susceptibilidade	$q_{0.65}^* < ISFS \leq q_{0.85}^*$	$62,56218 < ISFS \leq 73,96262$	Yellow
Média susceptibilidade	$q_{0.35}^* < ISFS \leq q_{0.65}^*$	$60,19024 < ISFS \leq 62,56218$	Light Blue
Média-baixa susceptibilidade	$q_{0.15}^* < ISFS \leq q_{0.35}^*$	$55,49058 < ISFS \leq 60,19024$	Dark Blue
Baixa susceptibilidade	$ISFS < q_{0.15}^*$	$ISFS < 55,49058$	Dark Blue

\*  $q_{0.85}$ ,  $q_{0.65}$ ,  $q_{0.35}$ ,  $q_{0.15}$  – Quantis da distribuição do ISFS.

### Resultados do ISFS – Períodos: 1993-1994, 1994-1995, 1996-1997.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentados os mapas do ISFS para os períodos considerados.





Para o ano referência 1994, considerado neste trabalho como “ano de precipitação normal”, os resultados demonstram a predominância de municípios da categoria “Media Susceptibilidade” (Afonso Cláudio e Brejetuba), um município na categoria “Media Baixa Susceptibilidade” (Baixo Guandu) e um município na categoria “Média Alta Susceptibilidade” (Laranja da Terra). Estes resultados seguem a tendência de precipitação pluviométrica verificada no ano.

Para o ano de 1995, considerado como “ano seco”, os resultados apresentam todos os municípios na categoria mais crítica, com destaque para Afonso Cláudio e Brejetuba, localizados mais ao Sul da Bacia. Os municípios incluídos na categoria “Alta Susceptibilidade” (Afonso Cláudio e Brejetuba) apresentaram baixa renda per capita municipal (PV133), uma situação crítica de distribuição de chuvas (PV21) e alto risco no abastecimento de água (PV22), sendo que o município de Afonso Cláudio apresenta uma condição de aptidão agrícola do solo e uso da terra (PV11) mais crítica que Brejetuba, em contrapartida o Município de Brejetuba apresentou uma condição de participação da agropecuária no PIB (PV132), pior que Afonso Claudio, justificando sua classificação no ISFS.

Para o ano de 1997, considerado como “ano chuvoso”, os resultados do ISFS apresentaram todos os municípios nas categorias de “Menor Susceptibilidade”. Estes resultados corroboram os resultados da pluviometria verificada no ano, que apresentaram todos os meses da estação chuvosa com anomalias positivas. Esse resultado é justificado em função do subindicador PV21, o qual apresentou condição altamente favorável em todos os municípios.

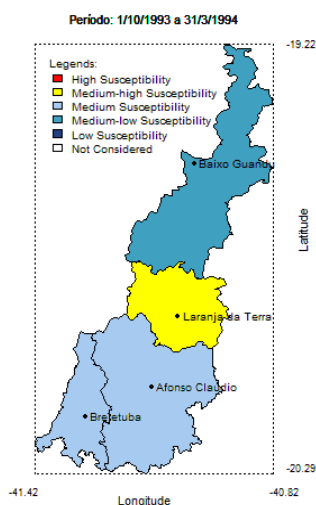


Figura 2 - ISFS – 1994

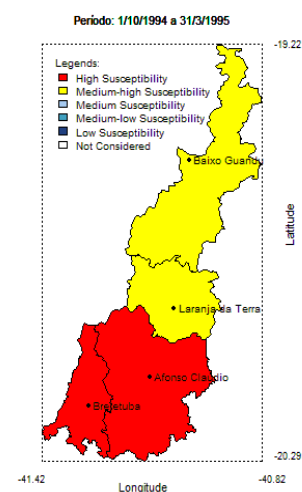


Figura 3 - ISFS – 1995

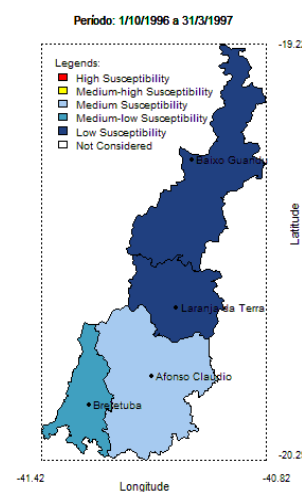


Figura 4 - ISFS – 1997

## CONCLUSÕES

O ISFS possibilita uma visão ampliada dos efeitos danosos das secas, pois correlaciona e exterioriza os impactos decorrentes desse fenômeno indo além dos aspectos físicos e climáticos comuns a maioria dos índices existentes na literatura.

Por ser um indicador composto com estrutura de informação hierárquica, ou seja, estrutura vetorial, ele permite que sejam avaliadas os seus componentes individualmente. Isso



possibilita aos gestores públicos uma intervenção direcionada sobre os fatores que estão contribuindo para as vulnerabilidades das regiões sob estudo.

De uma forma geral o ISFS pode ser utilizado como uma ferramenta de auxílio aos tomadores de decisão e fornecer os subsídios necessários ao direcionamento das ações para o atendimento e assistência das populações atingidas quando da ocorrência de eventos de secas. Por fim os resultados demonstram a viabilidade de utilização do ISFS, para estudos no âmbito de bacias hidrográficas e também validam a sua utilização em regiões exteriores ao Semiárido Nordeste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA JUNIOR, W. **Identificação e avaliação dos fatores de ocorrência de secas na bacia do Rio Guandu – Espírito Santo**. 2012. Doutorado em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, UFV. Brasil.
- MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; NOBRE, C.; ALVES, L. M. **Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil (Versão 1.0) Projeções climáticas (precipitação e temperatura) para o Brasil durante a segunda metade do Século XXI usando modelos regionais, nos cenários de baixas emissões (otimista IPCC-B2) e de altas emissões (pessimista IPCC-A2)**. 2007 (Relatório Técnico).
- MORAIS, B. S.; LINS, R. O. C.; SILVA, G. B. L. **Previsão de Seca Usando Redes Neurais Artificiais**. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador. Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre: ABRH, 2008. v. 1. p. 1-10.
- NEVES, J. A. **Um índice de susceptibilidade ao fenômeno da seca para o semiárido nordestino**. 2010. Doutorado em Matemática Computacional. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil.
- WILHITE, D.A. **Drought assessment, managment and planning: Theory and case studies**, Kluwer Acad. Publ., Boston, Mass. 1993.

