

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO PARA A REGIÃO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

EDUARDO MORGAN ULIANA¹; EDVALDO FIALHO DOS REIS²; ADILSON PACHECO DE SOUZA¹; JOSÉ GERALDO FERREIRA DA SILVA³ E ALEXANDRE CÂNDIDO XAVIER²

¹ Professor, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Sinop – MT, morganuliana@gmail.com; pachecoufnt@gmail.com.

² Professor, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre – ES, edreis@cca.ufes.br; xavier@cca.ufes.br

³ Pesquisador, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória – ES, jgeraldo@incaper.es.gov.br

1 RESUMO

A seca é um fenômeno meteorológico complexo, com influência local ou regional e estudá-la é de grande importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Meteorologistas e hidrólogos propuseram índices para caracterizar, detectar e monitorar as secas meteorológicas. Dentre estes índices destaca-se o índice de precipitação padronizado (SPI). O objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar o SPI para caracterização do déficit e do excesso de precipitação na escala mensal e trimestral para a região norte do Estado do Espírito Santo. O SPI foi calculado utilizando a distribuição gama incompleta e foram estimados os limites de precipitação que correspondem a cada categoria do índice. Foi estudada a distribuição espacial do índice no período de outubro de 2009 a março de 2010. O SPI mostrou-se um método prático e eficaz para caracterização e monitoramento da seca e da umidade na região norte do estado. Com o estudo de sua distribuição espacial foi possível identificar localidades com situação crítica em relação à seca, o que possibilita o direcionamento de ações de mitigação e gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Seca, umidade, índice de seca, SPI, precipitação.

**ULIANA, E. M.; REIS, E. F. dos; SOUZA, A. P. de; SILVA, J. G. F. da; XAVIER, A. C.
USING THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX FOR THE NORTHERN
ESPÍRITO SANTO STATE**

2 ABSTRACT

Drought is a complex meteorological phenomenon with local and regional influence. Studying it is of utmost importance for planning and management of water resources. Meteorologists and hydrologists proposed indices to characterize, detect and monitor meteorological droughts. Among these indices, the standardized precipitation index (SPI) stands out. The objective of this study was to use and evaluate the SPI to characterize deficit and excess of precipitation in monthly and quarterly scales for the northern Espírito Santo state. The SPI was calculated using the incomplete gamma distribution. Limits of precipitation corresponding to each

category of the index were estimated. Spatial distribution of the index was studied from October 2009 to March 2010. The SPI proved to be an effective and practical method for characterization and monitoring of drought and humidity in the northern region of the state. Based on the study of its spatial distribution, identification of critical sites concerning droughts were identified, which enables targeting mitigation actions and water resource management.

Keywords: drought, humidity, drought index, SPI, precipitation.

3 INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno meteorológico complexo caracterizado por um déficit de precipitação que resulta em uma baixa disponibilidade hídrica para diferentes atividades, contudo apresenta grande importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Em geral, a escala de tempo de análise e a distribuição espacial dos processos de oferta e demanda hídrica são as bases para definição adequada do fenômeno e dos seus efeitos nos cenários locais e/ou regionais (BLAIN; BRUNINI, 2005).

A definição do conceito de seca é dependente da abordagem a ser realizada e essa temática dificulta a detecção do seu início e o monitoramento correto (QUIRING, 2009). Normalmente são enquadradas em categorias decorrentes dos seus efeitos (meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica). Com base no balanço hídrico climatológico, a seca meteorológica relaciona-se somente ao déficit de precipitação pluvial e sua duração. A seca agrícola refere-se a situações com redução na quantidade de água disponível na profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e os seus impactos dependem da sua duração em relação à fase em que a cultura encontra-se (PARK et al., 2005). Como a movimentação da água em sistemas hidrológicos é mais lenta, a seca hidrológica ocorre em períodos mais longos de déficit de precipitação pluvial e são caracterizadas pelas reduções dos níveis dos escoamentos superficiais e reservatórios superficiais e subterrâneos. A seca socioeconômica esta vinculada com as demais e perfaz em influências à vida humana pela baixa disponibilidade hídrica (FERNANDES et al., 2010; BLAIN; KAYANO, 2011).

E ainda, em função das divergências no conceito de seca, normalmente ocorrem confusões entre o termo “seca” e “aridez”. Para Mishra e Singh (2010) as secas podem ocorrer em praticamente todas as zonas climáticas (com altos e baixos níveis pluviométricos) e estão relacionadas com a redução na quantidade de precipitação recebida durante um período prolongado, porém, são fenômenos temporários. Por conseguinte, a aridez pode ser considerada uma característica permanente do clima e está restrita a regiões de baixa pluviosidade (WILHITE, 1992).

Atualmente, a seca tem causado elevados prejuízos econômicos e atenuando a vulnerabilidade dos diferentes setores usuários dos recursos hídricos, perfazendo assim, em uma crescente demanda de pesquisas visto que as perdas com eventos de seca aumentaram significativamente em todo o mundo como paralelo ao aumento do número e gravidade das secas (WILHITE, 2000). Dentre os principais impactos da seca destacam-se as reduções de produtividade nas safras, reduções no abastecimento de água, deterioração da qualidade da água, redução na geração de energia elétrica e aumento de conflitos pelo uso da água.

Especificamente no Estado do Espírito Santo, os prejuízos econômicos ocasionados pela estiagem entre os anos 2000 e 2009 foram de 638,84 milhões de reais, sendo que destes, em torno de 62,77% decorreram somente da agricultura (SILVA; PIMENTA; SILVA NETO,

2012), e por sua vez neste setor, uma das principais atividades agrícolas do estado é a produção de café, que na safra 2009/2010 apresentou perdas estimadas em 347 milhões de reais (SECA, 2010).

Apesar de existirem diferentes índices de seca com distintas metodologias, ainda ocorre problemas na definição de metodologias para diferenciar seca e umidade, sendo que isso acarreta a falta de base científica em expressões populares (esse mês ou ano foi mais seco na região e/ou perdeu-se a safra devido à seca, dentre outras). De maneira simplificada, a compreensão da seca e seus impactos, incluindo seu início e fim, pode ser dada pela utilização de índices de seca (agrícola e/ou meteorológicos) em análises de séries de dados de variáveis como precipitação, temperatura do ar, evapotranspiração, escoamento superficial, umidade do solo, dentre outras. Contudo, a utilização de índices simplificados baseados apenas na precipitação pluvial pode ser interessante em função da disponibilidade de dados, visto que em muitas regiões brasileiras ocorreram maiores difusões de estações pluviométricas quando comparadas com as estações meteorológicas ou fluviométricas (GUTTMAN, 1998; FERNANDES et al., 2010).

Em muitas regiões brasileiras, não existem definições dos limites de precipitação para definição da seca ou umidade em determinada região, e, portanto, os índices de seca podem permitir a caracterização, detecção e monitoramento do fenômeno. Dentre estes índices está o índice de precipitação padronizado (SPI) que permite caracterizar o déficit ou o excesso de precipitação em uma localidade ou região.

O SPI vem sendo muito utilizado por instituições de pesquisa e órgãos governamentais para monitoramento de secas e tem se mostrado como uma ferramenta útil devido sua flexibilidade, simplicidade de cálculo e interpretação (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993, 1995; HAYES et al., 1999). Esse índice requer interpretações diferentes de acordo com sua escala de tempo (BLAIN; BRUNINI, 2007), pois o SPI de um mês reflete as condições de curto prazo e sua aplicação pode estar relacionada com a umidade do solo, enquanto que o SPI de três meses fornece uma estimativa sazonal da precipitação. Já o SPI de seis a nove meses indica tendências de médio prazo nos padrões de precipitação e o SPI de doze meses reflete os padrões de precipitação de longo prazo, geralmente vinculados a vazões, níveis de reservatórios e de água subterrânea (NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER, 2007). Segundo Szalai, Szinell e Zoboki (2000), as relações do SPI com as variáveis hidrológicas são variáveis quanto a escalas de tempo, sendo que, para caracterizações de secas agrícolas (aproximadas pela umidade do solo) podem ser obtidos bons resultados com SPI em uma escala de tempo de 2-3 meses.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar o índice de precipitação padronizado (SPI) para definição de limites de caracterização do déficit e excesso de precipitação nas escalas mensal e trimestral, para a região norte do estado do Espírito Santo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As séries históricas de precipitação foram obtidas no sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA), no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

Foi realizada análise de consistência dos dados, excluindo da série, aqueles valores que se mostraram inconsistentes. O método utilizado para análise de consistência foi o da Dupla

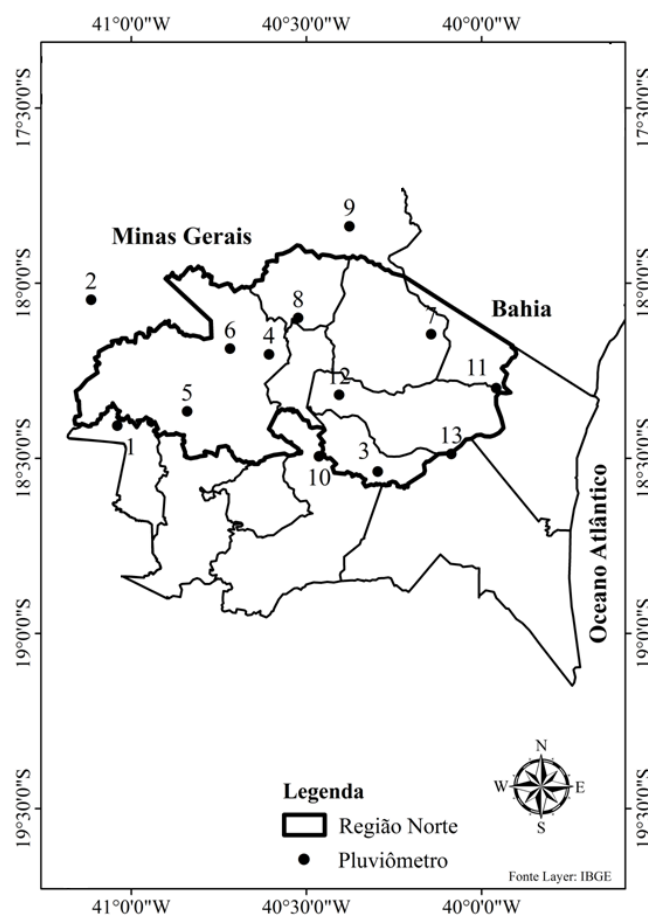
Massa, desenvolvido pelo *Geological Survey* (USGS) e descrito por Bertoni e Tucci (2001). Foram utilizadas treze séries históricas, para igual número de estações pluviométricas (Tabela 1), cujas localizações podem ser observadas na Figura 1.

Tabela 1. Informações dos pluviômetros utilizados no estudo

ID	Lat.	Long.	Local	Município	Estado	Período de dados
1	-18,406	-41,040	S. Agostinho	Água Doce do Norte	ES	1971-2009
2	-18,047	-41,114	Ataléia	Ataléia	MG	1969-2010
3	-18,538	-40,297	sede	Boa Esperança	ES	1987-2010
4	-18,203	-40,607	Santa Luzia do Norte	Ecoporanga	ES	1971-2008
5	-18,366	-40,841	sede	Ecoporanga	ES	1970-2008
6	-18,186	-40,718	Cotaxe	Ecoporanga	ES	1971-2008
7	-18,146	-40,144	Fazenda Limoeiro	Montanha	ES	1970-2007
8	-18,099	-40,524	sede	Mucurici	ES	1976-2009
9	-17,838	-40,377	Nanuque	Nanuque	MG	1943-2010
10	-18,494	-40,464	Patrimônio XV	Nova Venécia	ES	1970-2008
11	-18,299	-39,959	Morro Danta	Pedro Canário	ES	1952-2008
12	-18,319	-40,407	São João do Sobrado	Pinheiros	ES	1970-2008
13	-18,487	-40,087	Itauninhas	São Mateus	ES	1961-2008

Pela Figura 1, observa-se que foram utilizadas cinco séries históricas localizadas fora da região com objetivo de minimizar o efeito de borda no processo de interpolação.

Figura 1. Mapa com a localização dos pluviômetros.



Empregaram-se análises de SPI para as escalas de tempo mensal (SPI-1) e trimestral (SPI-3). As séries históricas de precipitação foram organizadas para estas escalas de tempo, e posteriormente, determinou-se as probabilidades acumuladas de ocorrência de precipitação pluvial por meio da distribuição gama incompleta definida pela seguinte função densidade de probabilidade:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}; \beta > 0, \gamma > 0 \quad (1)$$

em que: x é a variável aleatória; β é o parâmetro de escala; γ é o parâmetro de forma; Γ é a função gama.

A função gama $\Gamma(\gamma)$ é dada pela equação:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^\infty x^{\gamma-1} e^{-x} dx, \text{ para } \gamma > 0 \quad (2)$$

em que: γ é o parâmetro de forma;

A probabilidade acumulada de ocorrência de cada valor de precipitação foi calculada com a seguinte equação (THOM, 1958):

$$g(x) = \int_0^x \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} x^{\gamma-1} e^{-x/\beta} dx \quad (3)$$

em que: $F(x)$ é a probabilidade de ocorrência do evento x ; x é a variável aleatória contínua (quantidade de chuva), mm; β é o parâmetro de escala; γ é o parâmetro de forma; Γ é a função gama.

Os parâmetros β e γ foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança. Para verificar a aderência da distribuição de probabilidade gama a série de dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 10% de probabilidade. Como a função gama incompleta é indefinida para valores de $x = 0$ e a amostra de dados de precipitação pode conter zeros, a probabilidade cumulativa foi calculada utilizando a equação:

$$H(x) = q + (1-q) \cdot g(x) \quad (4)$$

$$\text{em que: } q = m/n \quad (5)$$

sendo: q a probabilidade de ocorrência de precipitação zero; m o número de observações com chuva igual a zero no período considerado; n o número de observações com chuva maior do que zero no período considerado.

O valor $H(x)$ foi transformado em uma variável normal com auxílio das equações desenvolvidas por Abramowitz e Stegun (1965). Esta transformação resulta no valor do SPI. A relação entre as distribuições de probabilidade gama incompleta e normal é dada por:

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (6)$$

$$SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (7)$$

sendo:

$c_0=2,515517$; $c_1=0,802853$; $c_2=0,010328$; $d_1=1,432788$; $d_2=0,189269$; $d_3=0,001308$

em que:

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)}, \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (8)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)}, \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (9)$$

A caracterização para o déficit e para o excesso de precipitação em função do valor SPI pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do déficit e excesso de precipitação em função do valor SPI

Categoria	Valor SPI
Extremamente Úmido	$SPI \geq 1,5$
Moderadamente Úmido	$1 \leq SPI < 1,5$
Umidade Incipiente	$0 \leq SPI < 1$
Seca Incipiente	$-1 < SPI < 0$
Moderadamente Seco	$-1,5 < SPI \leq -1$
Extremamente Seco	$SPI \leq -1,5$

Fonte: Modificado de Mckee, Doesken e Kleist (1993).

O evento “seca” inicia-se quando o índice padronizado de precipitação (SPI) torna-se negativo e termina quando este torna-se positivo. Dentro de sua escala o valor limite inferior – 1,5 indica “seca extrema” e o valor superior + 1,5 indica “umidade extrema”. Como os valores de SPI são iguais aos valores de Z que segue distribuição normal com média zero e desvio padrão igual a um, é possível apresentar as classificações da Tabela 2 em função da probabilidade acumulada de ocorrência da precipitação (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação do déficit e excesso de precipitação em função da probabilidade acumulada (P) de ocorrência da precipitação

Categoria	Probabilidade (%)
Extremamente Úmido	$P \geq 93,3$
Moderadamente Úmido	$84,1 \leq P < 93,3$
Umidade Incipiente	$50 \leq P < 84,1$
Seca Incipiente	$15,86 < P < 50$
Moderadamente Seco	$6,6 < P \leq 15,86$
Extremamente Seco	$P \leq 6,6$

Foram estimados com a distribuição gama incompleta os valores de precipitação para cada nível de probabilidade apresentado na Tabela 3, definindo assim, faixas de precipitação para cada categoria SPI para as localidades em estudo.

Para estudar a distribuição espacial do SPI no período avaliado utilizou-se a krigagem ordinária como método de interpolação. Com isso foi realizada análise geoestatística na qual foram avaliados os modelos teóricos de semivariograma: esférico, gaussiano, exponencial e linear. Por meio da validação cruzada foi selecionado o modelo que proporcionou a maior correlação entre os valores observados e estimados por krigagem. Nesta análise foi também observada a significância da correlação pelo teste t. Os mapas foram elaborados no *software* ArcGis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição gama incompleta ajustou-se a todos os dados de precipitação mensal (SPI – 1 mês) e trimestral (SPI – 3 meses). Os limites de precipitação (mm mês^{-1}) para cada categoria SPI-1 e SPI-3 para as localidades da região norte do estado do Espírito Santo, consideradas neste estudo, podem ser visualizadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Em geral, pode-se afirmar que os maiores volumes de precipitação na região norte ocorrem no período de outubro a abril e os menores no período de maio a setembro que corrobora os resultados obtidos por Uliana et al. (2013) ao determinar a precipitação mensal e anual para o Estado do Espírito Santo e fazer o estudo de sua distribuição espacial.

A definição de limites (limiares ou *threshold*) de precipitação mensal e/ou trimestral para categorizar a severidade de secas pode ser uma boa ferramenta para a região, pois auxiliará em planejamentos e processos de tomada de decisão relativos a situações emergenciais, vinculadas principalmente ao abastecimento urbano, disponibilidade hídrica para agropecuária, pagamento de seguros agrícolas, dentre outros. Em geral, esses limites indicam o valor de referência abaixo ou acima do qual determinada região pode ser considerada como estando numa situação de seca ou chuvosa, respectivamente, quando comparada a uma condição de normalidade definida pelas séries históricas regionais (SANTOS et al., 2013).

Considerando SPI-1, em média na região norte do estado do Espírito Santo ocorrerá em janeiro condições de seca extrema (SE) quando a precipitação for menor ou igual a 19 mm; seca moderada (SM) se a precipitação for maior que 19 mm e menor ou igual a 37 mm; umidade moderada (UM) se a precipitação for maior ou igual a 255 mm e menor que 360 mm; umidade extrema (UE) se a precipitação for maior ou igual a 360 mm (Tabela 6). Enquanto que, em junho as condições supracitadas ocorreram quando a precipitação mensal for menor ou igual a 3 mm, maior que 3 mm e menor ou igual a 6 mm, maior ou igual a 56 mm e menor que 82 mm, e maior ou igual a 82 mm para SE, SM, UM e UE, respectivamente (Tabela 6).

Por conseguinte, para SPI-3, em janeiro (corresponde à soma das precipitações de novembro, dezembro e janeiro) poderá ocorrer SE quando a precipitação for menor ou igual a 273 mm, SM quando a precipitação for maior que 273 mm e menor ou igual a 335 mm; UM se a precipitação for maior ou igual a 689 mm e menor que 808 mm; e UE se a precipitação for maior ou igual a 808 mm. Em junho (corresponde a soma das precipitações de abril, maio e junho), para o SPI-3, poderá ocorrer SE, SM, UM e UE quando a precipitação for menor ou igual a 53 mm, maior que 53 mm e menor ou igual a 75 mm, maior ou igual a 225 mm e menor que 281 mm, e maior ou igual a 281 mm (Tabela 6).

O tipo e o comportamento cumulativo de alguns índices de seca podem indicar que as metodologias não permitem caracterizações de secas extremas em função da falta de padronização para regiões climáticas diferentes (PINHEIRO et al., 2014).

Tabela 4. Limites de Precipitação (mm) para cada categoria SPI – 1 mês para a região norte do estado do Espírito Santo

Mês	ES	MS	SI	UI	MU	EU	ES	MS	SI	UI	MU	EU
3 – Boa Esperança - Sede						4 – Ecoporanga – Santa Luzia do Norte						
Jan	≤ 17	17 + 33	33 - 99	99 + 224	224 + 313	≥ 313	≤ 18	18 + 37	37 - 112	112 + 255	255 + 357	≥ 357
Fev	≤ 13	13 + 25	25 - 68	68 + 147	147 + 203	≥ 203	≤ 20	20 + 34	34 - 84	84 + 169	169 + 227	≥ 227
Mar	≤ 32	32 + 52	52 - 116	116 + 218	218 + 286	≥ 286	≤ 22	22 + 40	40 - 108	108 + 231	231 + 317	≥ 317
Abr	≤ 20	20 + 31	31 - 69	69 + 129	129 + 169	≥ 169	≤ 15	15 + 26	26 - 62	62 + 121	121 + 162	≥ 162
Mai	≤ 2	2 + 6	6 - 27	27 + 76	76 + 113	≥ 113	≤ 2	2 + 5	5 - 26	26 + 77	77 + 118	≥ 118
Jun	≤ 2	2 + 5	5 - 24	24 + 73	73 + 112	≥ 112	≤ 3	3 + 6	6 - 19	19 + 44	44 + 62	≥ 62
Jul	≤ 5	5 + 9	9 - 27	27 + 61	61 + 86	≥ 86	≤ 7	7 + 12	12 - 28	28 + 57	57 + 77	≥ 77
Ago	≤ 7	7 + 12	12 - 27	27 + 51	51 + 66	≥ 66	≤ 5	5 + 9	9 - 26	26 + 57	57 + 79	≥ 79
Set	≤ 7	7 + 13	13 - 33	33 + 68	68 + 91	≥ 91	≤ 7	7 + 12	12 - 34	34 + 73	73 + 100	≥ 100
Out	≤ 11	11 + 23	23 - 53	53 + 113	113 + 154	≥ 154	≤ 18	18 + 31	31 - 75	75 + 150	150 + 200	≥ 200
Nov	≤ 53	53 + 84	84 - 179	179 + 329	329 + 427	≥ 427	≤ 55	55 + 81	81 - 157	157 + 272	272 + 345	≥ 345
Dez	≤ 71	71 + 98	98 - 172	172 + 276	276 + 341	≥ 341	≤ 68	68 + 94	94 - 165	165 + 266	266 + 329	≥ 329
5 – Ecoporanga - Sede						6 – Ecoporanga - Cotaxe						
Jan	≤ 27	27 + 50	50 - 138	138 + 296	296 + 406	≥ 406	≤ 12	12 + 29	29 - 106	106 + 270	270 + 391	≥ 391
Fev	≤ 20	20 + 37	37 - 96	96 + 201	201 + 273	≥ 273	≤ 26	26 + 41	41 - 89	89 + 166	166 + 217	≥ 217
Mar	≤ 33	33 + 55	55 - 128	128 + 248	248 + 329	≥ 329	≤ 41	41 + 63	63 - 129	129 + 231	231 + 298	≥ 298
Abr	≤ 27	27 + 40	40 - 79	79 + 136	136 + 173	≥ 173	≤ 12	12 + 21	21 - 54	54 + 112	112 + 152	≥ 152
Mai	≤ 3	3 + 8	8 - 28	28 + 69	69 + 99	≥ 99	≤ 1	1 + 4	4 - 21	21 + 63	63 + 96	≥ 96
Jun	≤ 2	2 + 4	4 - 22	22 + 63	63 + 95	≥ 95	≤ 2	2 + 4	4 - 16	16 + 43	43 + 64	≥ 64
Jul	≤ 5	5 + 10	10 - 34	34 + 82	82 + 117	≥ 117	≤ 5	5 + 11	11 - 31	31 + 68	68 + 94	≥ 94
Ago	≤ 5	5 + 11	11 - 31	31 + 69	69 + 96	≥ 96	≤ 3	3 + 7	7 - 21	21 + 48	48 + 67	≥ 67
Set	≤ 6	6 + 13	13 - 40	40 + 92	92 + 129	≥ 129	≤ 5	5 + 10	10 - 31	31 + 73	73 + 103	≥ 103
Out	≤ 19	19 + 35	35 - 93	93 + 198	198 + 271	≥ 271	≤ 10	10 + 21	21 - 65	65 + 150	150 + 211	≥ 211
Nov	≤ 92	92 + 123	123 - 207	207 + 323	323 + 394	≥ 394	≤ 60	60 + 86	86 - 160	160 + 270	270 + 339	≥ 339
Dez	≤ 94	94 + 129	129 - 227	227 + 365	365 + 450	≥ 450	≤ 81	81 + 108	108 - 178	178 + 274	274 + 333	≥ 333
7 – Montanha – Fazenda Limoeiro						8 – Mucurici - Sede						
Jan	≤ 11	11 + 26	26 - 91	91 + 228	228 + 328	≥ 328	≤ 40	40 + 63	63 - 135	135 + 248	248 + 322	≥ 322
Fev	≤ 17	17 + 30	30 - 76	76 + 155	155 + 209	≥ 209	≤ 18	18 + 31	31 - 78	78 + 158	158 + 212	≥ 212
Mar	≤ 22	22 + 39	39 - 98	98 + 202	202 + 273	≥ 273	≤ 16	16 + 29	29 - 79	79 + 168	168 + 230	≥ 230
Abr	≤ 22	22 + 34	34 - 68	68 + 121	121 + 155	≥ 155	≤ 12	12 + 22	22 - 56	56 + 114	114 + 155	≥ 155
Mai	≤ 4	4 + 9	9 - 34	34 + 86	86 + 125	≥ 125	≤ 4	4 + 9	9 - 31	31 + 79	79 + 114	≥ 114
Jun	≤ 4	4 + 8	8 - 25	25 + 57	57 + 80	≥ 80	≤ 4	4 + 8	8 - 19	19 + 39	39 + 53	≥ 53
Jul	≤ 9	9 + 16	16 - 40	40 + 82	82 + 110	≥ 110	≤ 3	3 + 6	6 - 24	24 + 61	61 + 89	≥ 89
Ago	≤ 4	4 + 9	9 - 28	28 + 65	65 + 91	≥ 91	≤ 4	4 + 8	8 - 23	23 + 49	49 + 67	≥ 67
Set	≤ 8	8 + 15	15 - 46	46 + 105	105 + 146	≥ 146	≤ 3	3 + 8	8 - 32	32 + 85	85 + 126	≥ 126
Out	≤ 21	21 + 34	34 - 80	80 + 155	155 + 205	≥ 205	≤ 14	14 + 27	27 - 76	76 + 165	165 + 227	≥ 227
Nov	≤ 60	60 + 88	88 - 169	169 + 289	289 + 366	≥ 366	≤ 48	48 + 71	71 - 136	136 + 233	233 + 294	≥ 294
Dez	≤ 69	69 + 90	90 - 148	148 + 226	226 + 273	≥ 273	≤ 77	77 + 98	98 - 151	151 + 221	221 + 262	≥ 262
11- Pedro Canário – Morro Danta						12 – Pinheiros – São João do Sobrado						
Jan	≤ 24	24 + 43	43 - 112	112 + 233	233 + 317	≥ 317	≤ 5	5 + 17	17 - 94	94 + 289	289 + 445	≥ 445
Fev	≤ 25	25 + 41	41 - 89	89 + 167	167 + 218	≥ 218	≤ 11	11 + 22	22 - 67	67 + 151	151 + 211	≥ 211
Mar	≤ 21	21 + 39	39 - 103	103 + 217	217 + 295	≥ 295	≤ 19	19 + 35	35 - 94	94 + 201	201 + 274	≥ 274
Abr	≤ 31	31 + 43	43 - 79	79 + 129	129 + 161	≥ 161	≤ 21	21 + 32	32 - 66	66 + 119	119 + 153	≥ 153
Mai	≤ 4	4 + 10	10 - 40	40 + 105	105 + 153	≥ 153	≤ 4	4 + 9	9 - 33	33 + 84	84 + 123	≥ 123
Jun	≤ 3	3 + 8	8 - 32	32 + 85	85 + 125	≥ 125	≤ 2	2 + 5	5 - 18	18 + 45	45 + 64	≥ 64
Jul	≤ 12	12 + 21	21 - 50	50 + 100	100 + 133	≥ 133	≤ 4	4 + 9	9 - 30	30 + 73	73 + 104	≥ 104
Ago	≤ 3	3 + 8	8 - 33	33 + 86	86 + 125	≥ 125	≤ 4	4 + 7	7 - 21	21 + 47	47 + 65	≥ 65
Set	≤ 21	21 + 34	34 - 76	76 + 143	143 + 187	≥ 187	≤ 6	6 + 11	11 - 28	28 + 58	58 + 78	≥ 78
Out	≤ 16	16 + 28	28 - 74	74 + 155	155 + 211	≥ 211	≤ 16	16 + 29	29 - 74	74 + 152	152 + 206	≥ 206
Nov	≤ 54	54 + 80	80 - 153	153 + 263	263 + 333	≥ 333	≤ 63	63 + 92	92 - 176	176 + 300	300 + 380	≥ 380
Dez	≤ 73	73 + 100	100 - 175	175 + 281	281 + 347	≥ 347	≤ 72	72 + 94	94 - 151	151 + 226	226 + 272	≥ 272

ES: Extremamente Seco; MS: Moderadamente Seco; SI: Seca Incipiente; UI: Umidade Incipiente; UM: Umidade Moderada; EU: Extremamente Úmido.

Tabela 5. Limites de Precipitação (mm) para cada categoria SPI-3 meses para a região norte do estado do Espírito Santo

Mês	ES	MS	SI	UI	MU	EU	ES	MS	SI	UI	MU	EU
3 – Boa Esperança - Sede						4 – Ecoporanga – Santa Luzia do Norte						
Jan	≤ 255	255 + 324	324 - 497	497 +	722 +	≥ 857	≤ 295	295 +	355 -	499 +	678 +	≥ 781
Fev	≤ 176	176 + 232	232 - 380	380 +	581 +	≥ 703	≤ 184	184 +	247 -	415 +	647 +	≥ 788
Mar	≤ 119	119 + 168	168 - 307	307 +	508 +	≥ 635	≤ 148	148 +	203 -	354 +	566 +	≥ 698
Abr	≤ 97	97 + 140	140 - 262	262 +	442 +	≥	≤ 150	150 +	191 -	295 +	431 +	≥
Mai	≤ 77	77 + 114	114 - 221	221 +	381 +	≥ 484	≤	107 +	142 -	234 +	359 +	≥ 435
Jun	≤ 42	42 + 65	65 - 136	136 +	247 +	≥ 318	≤ 51	51 + 71	71 - 127	127 +	208 +	≥ 258
Jul	≤ 24	24 + 40	40 - 94	94 + 181	181 +	≥ 240	≤ 31	31 + 46	46 - 89	89 + 155	155 +	≥ 197
Ago	≤ 23	23 + 38	38 - 87	87 + 169	169 +	≥ 223	≤ 41	41 + 53	53 - 86	86 + 131	131 +	≥ 157
Set	≤ 42	42 + 58	58 - 99	99 + 156	156 +	≥ 191	≤ 43	43 + 59	59 - 101	101 +	160 +	≥ 196
Out	≤ 62	62 + 81	81 - 130	130 +	195 +	≥ 234	≤ 82	82 + 103	103 -	157 +	228 +	≥ 269
Nov	≤ 144	144 + 187	187 - 295	295 +	440 +	≥ 527	≤ 145	145 +	187 -	292 +	431 +	≥ 514
Dez	≤ 247	247 + 303	303 - 441	441 +	616 +	≥ 718	≤ 236	236 +	291 -	428 +	601 +	≥ 703
5 – Ecoporanga - Sede						6 – Ecoporanga - Cotaxe						
Jan	≤ 376	376 + 448	448 - 621	621 +	834 +	≥ 957	≤ 303	303 +	364 -	508 +	687 +	≥ 790
Fev	≤ 227	227 + 300	300 - 492	492 +	752 +	≥ 910	≤ 202	202 +	267 -	439 +	672 +	≥ 814
Mar	≤ 162	162 + 227	227 - 406	406 +	662 +	≥ 822	≤ 144	144 +	202 -	366 +	601 +	≥ 749
Abr	≤ 156	156 + 206	206 - 335	335 +	511 +	≥	≤ 148	148 +	190 -	299 +	444 +	≥
Mai	≤ 103	103 + 143	143 - 254	254 +	413 +	≥ 512	≤	114 +	147 -	233 +	347 +	≥ 415
Jun	≤ 66	66 + 88	88 - 148	148 +	231 +	≥ 282	≤ 44	44 + 62	62 - 112	112 +	185 +	≥ 230
Jul	≤ 33	33 + 51	51 - 103	103 +	184 +	≥ 236	≤ 22	22 + 36	36 - 81	81 + 156	156 +	≥ 206
Ago	≤ 31	31 + 49	49 - 103	103 +	189 +	≥ 245	≤ 26	26 + 39	39 - 79	79 + 141	141 +	≥ 181
Set	≤ 50	50 + 70	70 - 125	125 +	206 +	≥ 256	≤ 38	38 + 54	54 - 98	98 + 161	161 +	≥ 201
Out	≤ 86	86 + 116	116 - 193	193 +	300 +	≥ 365	≤ 60	60 + 82	82 - 142	142 +	225 +	≥ 277
Nov	≤ 187	187 + 239	239 - 370	370 +	543 +	≥ 647	≤ 133	133 +	175 -	285 +	434 +	≥ 524
Dez	≤ 316	316 + 387	387 - 563	563 +	785 +	≥ 915	≤ 229	229 +	287 -	432 +	621 +	≥ 732
7 – Montanha – Fazenda Limoeiro						8 – Mucurici - Sede						
Jan	≤ 265	265 + 322	322 - 459	459 +	631 +	≥ 731	≤ 311	311 +	359 -	469 +	600 +	≥ 673
Fev	≤ 162	162 + 216	216 - 361	361 +	561 +	≥ 683	≤ 272	272 +	314 -	410 +	523 +	≥ 587
Mar	≤ 128	128 + 177	177 - 311	311 +	502 +	≥ 620	≤ 172	172 +	217 -	330 +	478 +	≥ 566
Abr	≤ 129	129 + 169	169 - 272	272 +	411 +	≥	≤ 108	108 +	145 -	242 +	376 +	≥
Mai	≤ 105	105 + 139	139 - 229	229 +	351 +	≥ 425	≤ 69	69 + 99	99 - 186	186 +	312 +	≥ 392
Jun	≤ 65	65 + 87	87 - 146	146 +	227 +	≥ 276	≤ 33	33 + 52	52 - 112	112 +	207 +	≥ 270
Jul	≤ 42	42 + 61	61 - 116	116 +	196 +	≥ 247	≤ 14	14 + 26	26 - 74	74 + 161	161 +	≥ 222
Ago	≤ 46	46 + 63	63 - 109	109 +	173 +	≥ 212	≤ 21	21 + 33	33 - 71	71 + 131	131 +	≥ 171
Set	≤ 62	62 + 83	83 - 136	136 +	208 +	≥ 252	≤ 29	29 + 44	44 - 92	92 + 166	166 +	≥ 214
Out	≤ 88	88 + 113	113 - 280	280 +	269 +	≥ 322	≤ 56	56 + 81	81 - 152	152 +	256 +	≥ 322
Nov	≤ 149	149 + 196	196 - 321	321 +	489 +	≥ 592	≤ 105	105 +	147 -	266 +	436 +	≥ 543
Dez	≤ 248	248 + 300	300 - 425	425 +	582 +	≥ 673	≤ 207	207 +	259 -	388 +	554 +	≥ 652
11 - Pedro Canário – Morro Danta						12 – Pinheiros – São João do Sobrado						
Jan	≤ 252	252 + 307	307 - 441	441 +	608 +	≥ 706	≤ 130	130 +	200 -	416 +	753 +	≥ 972
Fev	≤ 169	169 + 221	221 - 358	358 +	543 +	≥ 654	≤ 98	98 + 152	152 -	319 +	579 +	≥ 749
Mar	≤ 140	140 + 193	193 - 339	339 +	546 +	≥ 674	≤ 91	91 + 143	143 -	307 +	565 +	≥ 734
Abr	≤ 132	132 + 176	176 - 295	295 +	459 +	≥	≤ 102	102 +	143 -	255 +	416 +	≥
Mai	≤ 110	110 + 149	149 - 252	252 +	394 +	≥ 482	≤ 84	84 + 119	119 -	217 +	360 +	≥ 449
Jun	≤ 71	71 + 99	99 - 174	174 +	281 +	≥ 348	≤ 54	54 + 74	74 - 132	132 +	214 +	≥ 265
Jul	≤ 41	41 + 65	65 - 142	142 +	263 +	≥ 342	≤ 23	23 + 39	39 - 92	92 + 181	181 +	≥ 240
Ago	≤ 34	34 + 56	56 - 129	129 +	250 +	≥ 331	≤ 29	29 + 42	42 - 81	81 + 139	139 +	≥ 176
Set	≤ 70	70 + 98	98 - 178	178 +	292 +	≥ 363	≤ 42	42 + 56	56 - 95	95 + 149	149 +	≥ 182
Out	≤ 89	89 + 121	121 - 209	209 +	332 +	≥ 408	≤ 73	73 + 93	93 - 144	144 +	212 +	≥ 252
Nov	≤ 166	166 + 213	213 - 332	332 +	490 +	≥ 584	≤ 150	150 +	193 -	304 +	449 +	≥ 537
Dez	≤ 224	224 + 283	283 - 431	431 +	624 +	≥ 738	≤ 150	150 +	193 -	304 +	449 +	≥ 537

ES: Extremamente Seco; MS: Moderadamente Seco; SI: Seca Incipiente; UI: Umidade Incipiente; UM: Umidade Moderada; EU: Extremamente Úmido.

Tabela 6. Limites médios de precipitação para cada categoria SPI-1 para a região norte do estado do Espírito Santo

Período	ES	MS	SI	UI	UM	EU
	Categoria SPI - 1					
Janeiro	≤ 19	19 + 37	37 - 111	111 + 255	255 + 360	≥ 360
Fevereiro	≤ 19	19 + 33	33 - 81	81 + 164	164 + 221	≥ 221
Março	≤ 26	26 + 44	44 - 107	107 + 215	215 + 288	≥ 288
Abril	≤ 20	20 + 31	31 - 66	66 + 123	123 + 160	≥ 160
Maió	≤ 3	3 + 8	8 - 30	30 + 80	80 + 117	≥ 117
Junho	≤ 3	3 + 6	6 - 22	22 + 56	56 + 82	≥ 82
Julho	≤ 6	6 + 12	12 - 33	33 + 73	73 + 101	≥ 101
Agosto	≤ 5	5 + 9	9 - 26	26 + 59	59 + 82	≥ 82
Setembro	≤ 8	8 + 15	15 - 40	40 + 87	87 + 120	≥ 120
Outubro	≤ 16	16 + 28	28 - 74	74 + 155	155 + 211	≥ 211
Novembro	≤ 61	61 + 88	88 - 167	167 + 285	285 + 360	≥ 360
Dezembro	≤ 76	76 + 101	101 - 171	171 + 267	267 + 326	≥ 326
Categoria SPI - 3						
Janeiro	≤ 273	273 + 335	335 - 489	489 + 689	689 + 808	≥ 808
Fevereiro	≤ 186	186 + 244	244 - 397	397 + 607	607 + 736	≥ 736
Março	≤ 138	138 + 191	191 - 340	340 + 554	554 + 687	≥ 687
Abril	≤ 128	128 + 170	170 - 282	282 + 436	436 + 531	≥ 531
Maió	≤ 96	96 + 131	131 - 228	228 + 365	365 + 449	≥ 449
Junho	≤ 53	53 + 75	75 - 136	136 + 225	225 + 281	≥ 281
Julho	≤ 29	29 + 45	45 - 99	99 + 185	185 + 241	≥ 241
Agosto	≤ 31	31 + 47	47 - 93	93 + 165	165 + 212	≥ 212
Setembro	≤ 47	47 + 65	65 - 115	115 + 187	187 + 232	≥ 232
Outubro	≤ 74	74 + 99	99 - 163	163 + 252	252 + 306	≥ 306
Novembro	≤ 148	148 + 192	192 - 308	308 + 464	464 + 558	≥ 558
Dezembro	≤ 235	235 + 293	293 - 439	439 + 629	629 + 741	≥ 741

ES: Extremamente Seco; MS: Moderadamente Seco; SI: Seca Incipiente; UI: Umidade Incipiente; UM: Umidade Moderada; EU: Extremamente Úmido.

Para interpolação do SPI-1 e SPI-3 por krigagem ordinária para o período de outubro de 2009 a março de 2010 foram obtidos melhores resultados com os modelos teóricos de semivariância esférico e gaussiano para o SPI-1. Observa-se que o modelo gaussiano ajustou-se melhor ao SPI-1 em quase todos os meses em estudo (Tabela 7). Na maior parte dos meses a correlação entre os valores observados e estimados por krigagem pode ser considerada moderada e o teste t significativo confirma a existência de correlação entre as variáveis. Já para SPI-3, os melhores resultados foram obtidos pelos modelos teóricos de semivariância esférico, exponencial e gaussiano.

Tabela 7. Informações da modelagem geoestatística para o SPI-1 e SPI-3 para o período de outubro de 2009 a março de 2010 para a região norte do estado do Espírito Santo

Período	SPI	Modelo	C ₀	C ₀ +C	a ^{**}	r
Outubro/09	1	Gaussiano	0,188	0,681	1,801	0,694*
Novembro/09	1	Gaussiano	0,308	0,705	0,644	0,319*
Dezembro/09	1	Esférico	0,189	1,586	2,489	0,778*
Janeiro/10	1	Gaussiano	0,036	0,150	2,811	0,619*
Fevereiro/10	1	Gaussiano	0,231	0,601	1,084	0,570*
Março/10	1	Gaussiano	0,191	0,653	1,398	0,668*
Outubro/09	3	Gaussiano	0,275	0,630	1,850	0,612*
Novembro/09	3	Gaussiano	0,165	0,594	1,597	0,601*
Dezembro/09	3	Esférico	0,136	0,625	1,591	0,670*
Janeiro/10	3	Esférico	0,158	0,699	0,597	0,430*
Fevereiro/10	3	Exponencial	0,147	0,733	1,998	0,616*
Março/10	3	Gaussiano	0,224	0,653	1,303	0,671*

C₀: efeito pepita puro; C₀+C₁: patamar; a: alcance; r: coeficiente de correlação; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t; ** A unidade utilizada foi graus decimais.

Por meio dos mapas das Figuras 2 e 3 verifica-se que ocorreu umidade moderada e extrema na região norte no mês de outubro de 2009. Considerando o SPI-1 (Figura 2) pode-se afirmar que ocorreu SI, SM e SE no período de novembro de 2009 a fevereiro de 2010, sendo que, em geral SI predominou sobre as demais neste período. Em março de 2010 a umidade incipiente prevaleceu sobre a região, com exceção do município de Mucurici e em parte dos municípios de Montanha, Ponto Belo e Ecoporanga que apresentaram condições de umidade moderada (Figura 2).

Para o SPI-3, predominou SI e UI nos meses de novembro e dezembro de 2009, contrastando os resultados para o SPI-1. Esta diferença é consequência da alta precipitação registrada no mês de outubro (Figura 3). Verifica-se que nos meses de janeiro e fevereiro de 2010 (Figura 3) em contraste com o SPI-1 (Figura 2) a seca moderada e, sobretudo a extrema predominou na região. Este resultado tem relação com o déficit de precipitação que ocorreu em novembro e dezembro de 2009. No mês de março de 2010 a seca incipiente prevaleceu na região (Figura 3).

Destaca-se nos mapas das Figuras 2 e 3 que nos meses mais chuvosos (novembro, dezembro e janeiro) a precipitação registrada ficou abaixo do normal havendo com isso predomínio de seca incipiente, moderada e extrema. Este período coincidiu com as fases de granação dos frutos (janeiro-fevereiro) e desenvolvimento vegetativo (outubro-maio) do cafeeiro Conilon (PEZZOPANE et al., 2010), nas quais o déficit hídrico para a planta pode causar redução da sua produtividade.

Segundo Blain e Brunini (2007) e Santos et al. (2013) é fundamental definir corretamente a escala e o período de dados a ser empregado para caracterização das secas, corroborando assim, com as observações obtidas para agrupamentos de dados mensais e trimestrais.

Figura 2. Distribuição espacial do SPI -1 para o período de outubro de 2009 a março de 2010 para a região norte do estado do Espírito Santo.

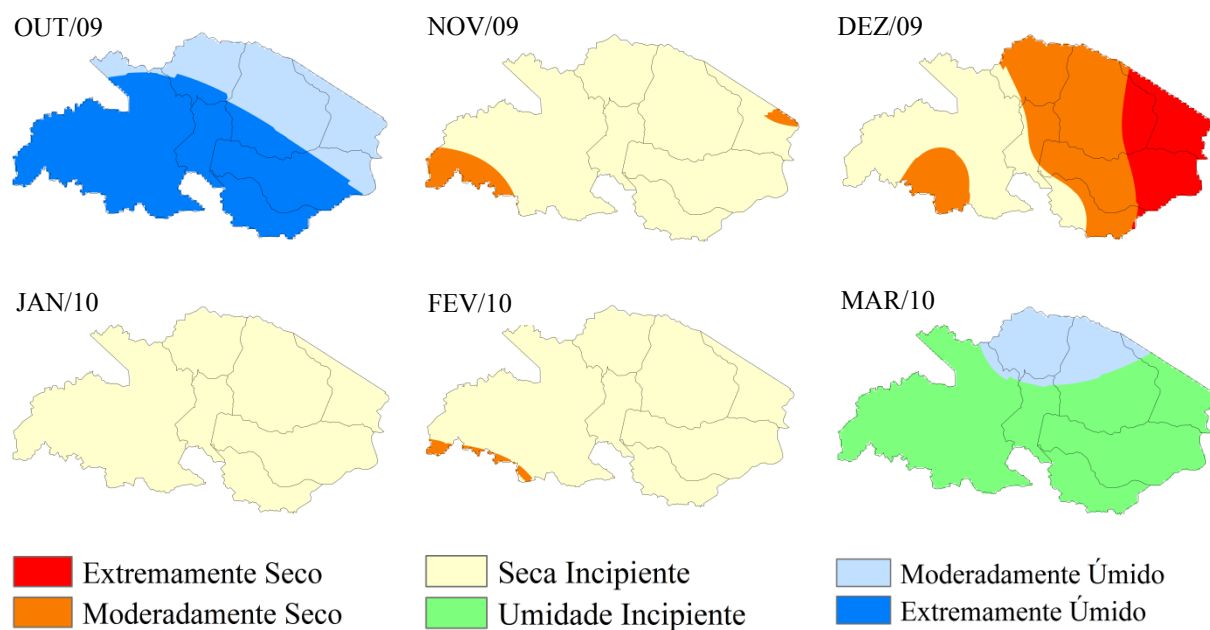
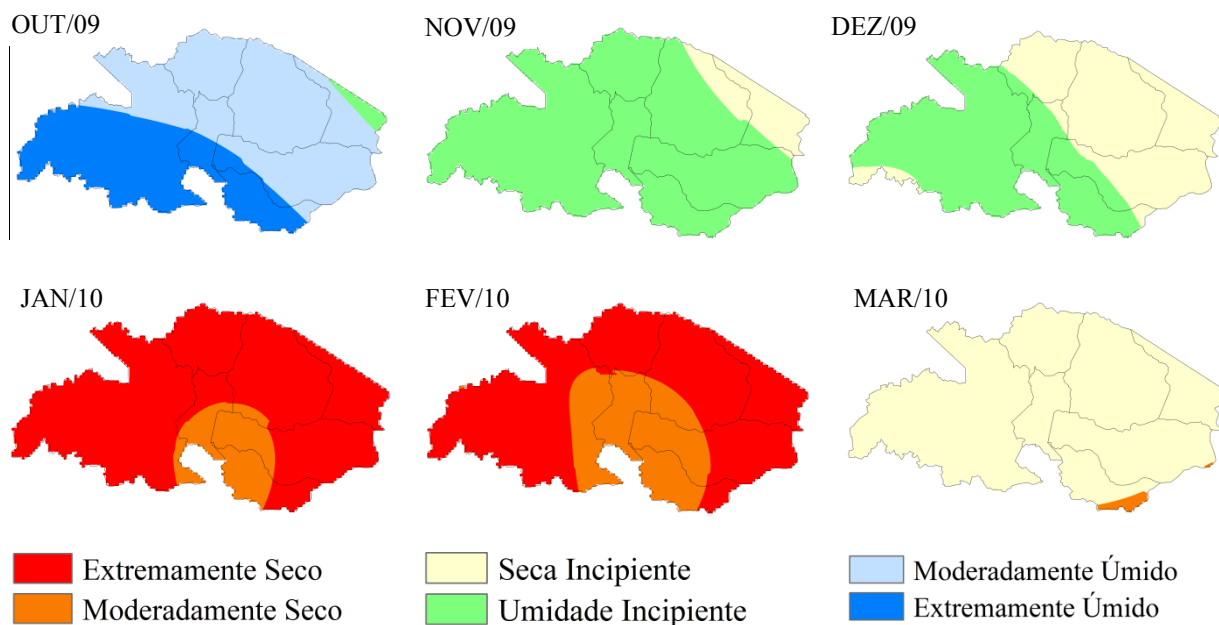


Figura 3. Distribuição espacial do SPI-3 para o período de outubro de 2009 a março de 2010 para a região norte do estado do Espírito Santo.



6 CONCLUSÃO

O índice de precipitação padronizado (SPI) mostrou-se um método prático e eficaz para caracterização e monitoramento da seca e da umidade na região norte do estado do Espírito Santo.

Com a distribuição espacial do SPI foi possível identificar as localidades da região com situação crítica em relação à seca, o que possibilita o direcionamento de ações de mitigação e gestão dos recursos hídricos.

A distribuição de probabilidade gama incompleta ajustou-se aos dados de precipitação mensal e trimestral, sendo assim recomendada para o cálculo da probabilidade acumulada de ocorrência de precipitação, informação necessária para o cálculo do SPI.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e a Agência Nacional de Águas (ANA), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) pela disponibilidade dos dados de precipitação.

8 REFERÊNCIAS

ABRAMOWITZ, M.; STEGUN, I. A. **Handbook of mathematical function**. New York: Dover Publications, 1965. 1046 p.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 177-241.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Quantificação da seca agrícola pelo índice padronizado de evapotranspiração Real (IPER) no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 519-527, 2005.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 2, p. 255-261, 2007.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 anos de dados mensais do índice padronizado de precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 1, p. 287-294, 2011.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. F.; AMORIM, A. O. Desempenho de índices quantitativos de seca na estimativa da produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 771-779, 2010.

GUTTMAN, N. B. Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 34, p. 113-121, 1998.

- HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D.; WILHITE, D. A.; VANYARKHO, O. V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 80, n. 3, p. 429-438, 1999.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Anaheim. **Proceedings...** Anaheim: American Meteorological Society, 1993. p. 179 - 184.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995, Dallas. **Preprints...** Boston: American Meteorological Society, 1995. p. 233-236.
- MISHRA, A.K.; SINGH, V.P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 391, n. 1-2, p. 202-216, 2010.
- NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **Interpretation of standardized precipitation index maps**. Disponível em: <<http://drought.unl.edu/>>. Acesso em: 10 abr. 2007.
- PARK, S.; FEDDEMA, J. J.; EGBERT, S. L. MODIS land surface temperature composite data and their relationships with climatic water budget factors in the Central Great Plains. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 26, p. 1127-1144, 2005.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.
- PINHEIRO, M. A. B.; PINHEIRO, A. A. B.; OLIVEIRA, E. C.; POSSE, R. P.; NEVES, L. O. Relação do índice de severidade de seca de Palmer com a produtividade do feijoeiro na microrregião de Colatina-ES. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2616-2623, 2014.
- QUIRING, S. M. Monitoring drought: an evaluation of meteorological drought indices. **Geography Compass**, Chichester, v. 3, p. 64-88, 2009.
- SANTOS, M. S.; ANDRADE PINTO, E. J.; MARTINS, L. K. L. A.; OLIVEIRA PINTO, J. A. Definição de liminares de secas e cálculo do índice de precipitação padronizada por meio de análise regional de frequências na Bacia do Alto São Francisco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 95-105, 2013.
- SECA traz prejuízos à lavoura e restrição ao uso de água. **A Gazeta**, Vitória, 2010. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2010/02/601731-seca+traz+prejuizos+a+lavoura+e+restricao+ao+uso+de+agua.html>. Acesso em: 10 nov. 2010.

SILVA, A. C.; PIMENTA, A. A. G.; SILVA NETO, F. B. **Histórico de desastres do estado do Espírito Santo 2000-2009**. Disponível em: <http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico_de_desastres.pdf>. Acesso em: 20 maio 2012.

SZALAI, S.; SZINELL, C.; ZOBOKI, J. Drought monitoring in Hungary. In: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Early warning systems for drought preparedness and drought management**. Geneva, 2000. p. 161-176.

THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 86, n. 4, p. 117-121, 1958.

ULIANA, E. M.; REIS, E. F.; SILVA, J. G. F.; XAVIER, A. C. Precipitação mensal e anual provável para o estado do Espírito Santo. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 139-147, 2013.

WILHITE, D. A. **Preparing for drought**: a guidebook for developing countries. Nairobi: United Nations Environment Programme, 1992.

WILHITE, D.A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. In: WILHITE, D. A. (Org.). **Drought**: a global assessment. Oxford: Routledge Publishers, 2000. 304 p. (Natural Hazards and Disasters Series, v. 2).