

# Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, Brasil: climatologia e tendência temporal<sup>1</sup>

Maria de Souza Custódio<sup>2</sup>, Moacir Antonio Berlato<sup>3</sup>, Denise Cybis Fontana<sup>4</sup>

**Resumo** - A climatologia dos elementos meteorológicos, ou seja, o cálculo de médias de longo prazo, variabilidade, extremos e frequência ou probabilidade de ocorrência, tem grande importância e aplicabilidade em diversas atividades da sociedade, principalmente na agricultura. O objetivo deste trabalho foi estudar a climatologia do índice de nebulosidade diurna decenal e mensal, e a tendência temporal anual e estacional, do Estado do Rio Grande do Sul. Para isto foram utilizados dados de insolação (horas de brilho solar) em base decenal e mensal, de 17 estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1960-2005. Os resultados mostram que os maiores valores do índice de nebulosidade diurna (IND) no Estado, nas análises decenais e mensais, em média, ocorrem principalmente nos meses de inverno (junho, julho, agosto e setembro), enquanto que os meses com o menor IND são nos meses de verão (janeiro e dezembro). A região oeste-noroeste do Estado é a que apresenta o menor IND e a região leste-nordeste a que apresenta o maior índice. O índice de nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, no período de 1960-2005, apresenta tendência significativa de incremento para o ano, no outono e no verão.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas, cobertura de nuvens.

## Diurnal cloudiness in Rio Grande do Sul State, Brazil: climatology and temporal tendency

**Abstract** - The climatology of the meteorological elements, that is, the calculation of average of long state period, variability, extremities and frequency or probability of occurrence, has a great importance and applicability in several activities, mainly in agriculture. The objective of this paper was to study a decadal and monthly climatology of the diurnal cloudiness index (DCI) and annual and season temporal tendency in the State of Rio Grande do Sul. For this, a decadal and monthly sunshine duration data from 17 weather station widely distributed in the State were used for 1960 to 2005 period. The results show that for both decadal and monthly distribution, on average, June, July, August and September had presented the highest of DCI and the months with lowest values were January and December. The west-northwest region of the State presents the lowest DCI and the east-northeast presents the highest. The highest diurnal cloudiness indexes occur during the winter while the lowest values occur during the summer. The index of diurnal cloudiness in the state of Rio Grande do Sul, from 1960-2005, had significant tendency by increment for the year, in the autumn and in the summer.

**Key words:** climatic changes, cloud covering.

## Introdução

A climatologia dos elementos meteorológicos, ou seja, o cálculo de médias de longo prazo, variabilidade, extremos e frequência ou probabilidade de ocorrência, tem grande importância e aplicabilidade em diversas atividades da sociedade. Na agricultura, serve de base para zoneamentos climáticos e agroclimáticos, bem como para a definição do calendário agrícola (especialmente épocas de semeadura) das culturas.

O Rio Grande do Sul é um Estado que tem sua economia baseada fundamentalmente na agricultura e na pecuária sendo, portanto, importante o conhecimento

de todos os aspectos que possam influenciar estas atividades. Estudos mostram que a variabilidade climática é a principal causa da variabilidade dos rendimentos e da produção agrícola no Estado, principalmente as culturas de primavera-verão (Bergamaschi, 1989; Berlato, 1992; Fontana & Berlato, 1996; Berlato & Fontana, 1999; Carmona, 2001; Baptista & Berlato, 2004).

A nebulosidade é uma das variáveis meteorológicas de importância para diversas áreas, principalmente para a agricultura, podendo ser vista como a cobertura de nuvens em um determinado local. Esta variável atua como uma barreira para a radiação solar que chega na atmosfera e ainda para a perda da radiação terrestre ao espaço,

<sup>1</sup> Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor, UFRGS - CEPSSRM

<sup>2</sup> Meteorologista, M. Sc – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 15.100, 91501-970 Porto Alegre-RS/Brasil.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Dr. – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 15.100, 91501-970 Porto Alegre-RS/Brasil.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Dr<sup>a</sup>. – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 15.100, 91501-970 Porto Alegre-RS/Brasil.

influindo, portanto, no balanço de radiação na superfície. Além disso, a nebulosidade está diretamente relacionada com a variação térmica de um determinado local e seu regime pluviométrico, atuando de uma maneira significativa na diminuição das amplitudes térmicas diárias. A nebulosidade diurna reduz a temperatura máxima, modificando a demanda evaporativa da atmosfera e o consumo de água nas plantas (Matzenauer, 1999; Mendonça & Oliveira, 2007).

No Rio Grande do Sul não existe trabalho que analise a nebulosidade diurna. Em vista disto, o objetivo geral deste trabalho foi estudar a climatologia da nebulosidade diurna decendial e mensal e avaliar a tendência temporal anual e estacional, dessa variável, no Estado do Rio Grande do Sul.

## Material e Métodos

Foram utilizados dados de insolação (horas de brilho solar), em base decendial e mensal, de 17 estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO-RS), distribuídas de acordo com a Figura 1. O período de estudo foi de 1960 a 2005 na maioria das estações, sendo que em algumas o período é menor, mas com no mínimo 30 anos de observação.

O índice de nebulosidade diurna (IND) foi estimado a partir da insolação relativa ( $n/N$ ), onde  $n$  é o número de horas de brilho solar e  $N$  é o brilho solar máximo (comprimento do dia). O IND varia de zero a um e é dado por:

$$IND = 1 - \left( \frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

Para cada uma das estações meteorológicas do Estado foram calculadas as médias climatológicas decendiais e mensais do IND durante todo o período, as quais foram expressas na forma de tabelas e gráfico. Na elaboração dos gráficos com o transcurso do IND, os decêndios foram expressos de forma seqüencial, mas respeitando a ordem mensal dos mesmos.

Além dessas estatísticas básicas, foi aplicada a análise de distribuição de probabilidade empírica através de diagramas de caixa (*box plot*) (Wilks, 1995). Este procedimento permite também o conhecimento de importantes características do índice de nebulosidade diurna, como a assimetria, variabilidade e valores extremos, além da frequência acumulada. Essa análise foi feita para cada localidade e para todo o Estado do Rio Grande do Sul. A representação espacial foi feita através de mapas de isolinhas mensais, obtidas por interpolação espacial dos dados das estações meteorológicas, pelo método de Kriging, utilizando o *software* Surfer.

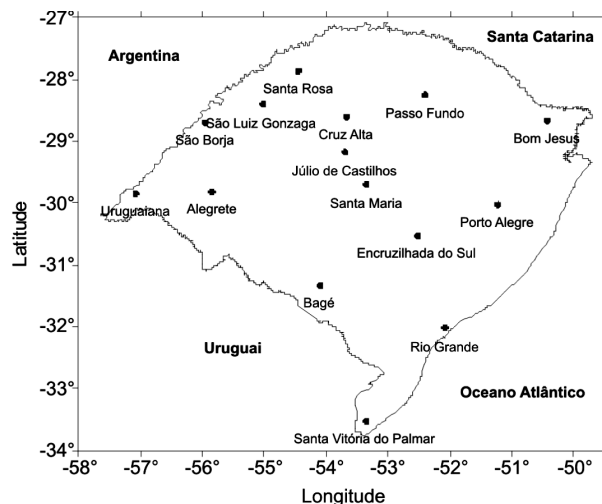


Figura 1 - Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul utilizadas no trabalho.

Para todo o período estudado (1960-2005) foi feita a análise da tendência linear anual e estacional do IND para o Estado. A análise da tendência foi feita pelo método dos mínimos quadrados, através do ajuste da regressão linear simples, dada por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2)$$

onde:  $Y$  é o índice de nebulosidade diurna anual / estacional;  $\beta_0$  é o intercepto da reta no eixo das ordenadas,  $\beta_1$  é o coeficiente de regressão linear e  $x$  os anos de observação (1960=1, 1961=2,...).

A existência de tendência foi avaliada pelo teste de hipótese para o coeficiente de regressão  $\beta_1$  ( $\beta_1 = 0$ , não existe tendência e  $\beta_1 \neq 0$ , existe tendência). A significância estatística foi avaliada pelo t-teste (*Student*), nos níveis de probabilidade de 1, 5 e 10%.

## Resultados e Discussão

As médias climatológicas decendiais e mensais do IND de nebulosidade diurna para as 17 localidades do Rio Grande do Sul analisadas, são apresentadas na Tabela 1. As médias mostraram que o IND entre as localidades apresenta grande variação ao longo do ano, ficando entre 0,30 (decêndio 3 de novembro) e 0,64 (decêndio 2 de junho) em São Borja e Bagé, respectivamente. Dentre as localidades analisadas, Bom Jesus, que fica no nordeste do Estado, destacou-se por apresentar um maior IND na maior parte dos decêndios, ficando acima das outras localidades em 78% dos casos. Isto pode ser atribuído ao fato de Bom Jesus estar na região mais chuvosa do Estado e possuir também uma alta ocorrência de nevoeiros ao longo do ano. Outra característica importante é que em Bom Jesus foi onde o IND apresentou a menor variação entre os decên-

Tabela 1 - Médias climatológicas mensal e decenal do Índice de Nebulosidade Diurna (IND), Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

		Alegrete	Bagé	Bom Jesus	Caxias do Sul	Cruz Alta	Encruzilhada do Sul	Iraí	Júlio de Castilhos	Passo Fundo
Janeiro	dec. 1	0,35	0,43	0,56	0,48	0,41	0,45	0,40	0,37	0,42
	dec. 2	0,34	0,41	0,52	0,45	0,42	0,43	0,41	0,35	0,42
	dec. 3	0,32	0,45	0,53	0,49	0,42	0,46	0,43	0,38	0,44
	Mensal	<b>0,34</b>	<b>0,43</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>0,42</b>	<b>0,45</b>	<b>0,41</b>	<b>0,37</b>	<b>0,43</b>
Fevereiro	dec. 1	0,35	0,46	0,52	0,49	0,43	0,49	0,41	0,38	0,44
	dec. 2	0,36	0,47	0,55	0,50	0,41	0,49	0,45	0,39	0,45
	dec. 3	0,32	0,45	0,53	0,47	0,47	0,46	0,48	0,36	0,42
	Mensal	<b>0,34</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>	<b>0,49</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>	<b>0,45</b>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>
Março	dec. 1	0,36	0,46	0,52	0,49	0,40	0,47	0,43	0,37	0,43
	dec. 2	0,41	0,49	0,53	0,48	0,39	0,49	0,44	0,38	0,44
	dec. 3	0,36	0,47	0,53	0,51	0,43	0,46	0,45	0,37	0,46
	Mensal	<b>0,38</b>	<b>0,47</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,38</b>	<b>0,45</b>
Abril	dec. 1	0,37	0,49	0,50	0,49	0,41	0,48	0,44	0,39	0,44
	dec. 2	0,43	0,53	0,57	0,53	0,50	0,52	0,50	0,44	0,48
	dec. 3	0,35	0,52	0,54	0,50	0,41	0,51	0,48	0,39	0,45
	Mensal	<b>0,38</b>	<b>0,52</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,44</b>	<b>0,51</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,46</b>
Maio	dec. 1	0,39	0,47	0,55	0,48	0,43	0,49	0,50	0,42	0,46
	dec. 2	0,41	0,54	0,57	0,52	0,46	0,50	0,51	0,44	0,47
	dec. 3	0,40	0,51	0,55	0,47	0,46	0,50	0,50	0,43	0,41
	Mensal	<b>0,40</b>	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	<b>0,49</b>	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>
Junho	dec. 1	0,50	0,56	0,61	0,54	0,48	0,55	0,57	0,49	0,50
	dec. 2	0,49	0,64	0,60	0,57	0,54	0,55	0,57	0,48	0,52
	dec. 3	0,52	0,62	0,60	0,52	0,52	0,56	0,53	0,49	0,49
	Mensal	<b>0,50</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>
Julho	dec. 1	0,48	0,57	0,61	0,59	0,49	0,57	0,55	0,50	0,51
	dec. 2	0,50	0,53	0,54	0,51	0,48	0,52	0,53	0,47	0,47
	dec. 3	0,46	0,57	0,55	0,51	0,47	0,55	0,50	0,47	0,46
	Mensal	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>	<b>0,57</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>0,55</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>
Agosto	dec. 1	0,49	0,59	0,59	0,53	0,53	0,57	0,55	0,47	0,50
	dec. 2	0,44	0,56	0,58	0,55	0,49	0,54	0,55	0,45	0,49
	dec. 3	0,47	0,61	0,62	0,60	0,51	0,59	0,57	0,48	0,53
	Mensal	<b>0,47</b>	<b>0,59</b>	<b>0,60</b>	<b>0,56</b>	<b>0,51</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>
Setembro	dec. 1	0,43	0,55	0,55	0,54	0,48	0,55	0,58	0,45	0,51
	dec. 2	0,53	0,59	0,60	0,63	0,55	0,61	0,62	0,55	0,60
	dec. 3	0,46	0,56	0,60	0,58	0,52	0,59	0,58	0,48	0,56
	Mensal	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0,51</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,56</b>
Outubro	dec. 1	0,45	0,53	0,55	0,54	0,49	0,57	0,55	0,44	0,53
	dec. 2	0,39	0,47	0,56	0,54	0,46	0,54	0,50	0,41	0,50
	dec. 3	0,39	0,49	0,53	0,54	0,44	0,53	0,50	0,39	0,49
	Mensal	<b>0,41</b>	<b>0,50</b>	<b>0,55</b>	<b>0,54</b>	<b>0,47</b>	<b>0,55</b>	<b>0,52</b>	<b>0,42</b>	<b>0,51</b>
Novembro	dec. 1	0,41	0,49	0,53	0,51	0,46	0,51	0,50	0,41	0,47
	dec. 2	0,31	0,44	0,50	0,47	0,42	0,45	0,43	0,34	0,42
	dec. 3	0,33	0,42	0,50	0,49	0,42	0,44	0,38	0,37	0,42
	Mensal	<b>0,35</b>	<b>0,45</b>	<b>0,51</b>	<b>0,49</b>	<b>0,43</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>
Dezembro	dec. 1	0,32	0,41	0,52	0,49	0,40	0,45	0,40	0,34	0,41
	dec. 2	0,33	0,42	0,55	0,52	0,40	0,45	0,41	0,35	0,39
	dec. 3	0,31	0,41	0,56	0,53	0,40	0,44	0,39	0,34	0,40
	Mensal	<b>0,32</b>	<b>0,41</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>

Tabela 1 - (continuação)

		Porto Alegre	Rio Grande	Santa Maria	Santa Rosa	São Borja	Santa Vitória do Palmar	São Luiz Gonzaga	Uruguiana
Janeiro	dec. 1	0,43	0,40	0,44	0,38	0,33	0,39	0,44	0,37
	dec. 2	0,43	0,39	0,44	0,45	0,32	0,36	0,44	0,34
	dec. 3	0,45	0,42	0,47	0,45	0,37	0,42	0,46	0,37
	Mensal	<b>0,44</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,43</b>	<b>0,34</b>	<b>0,39</b>	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>
Fevereiro	dec. 1	0,45	0,45	0,48	0,41	0,35	0,44	0,45	0,43
	dec. 2	0,46	0,43	0,46	0,38	0,36	0,41	0,43	0,40
	dec. 3	0,44	0,44	0,45	0,40	0,35	0,43	0,47	0,38
	Mensal	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>
Março	dec. 1	0,44	0,44	0,46	0,40	0,38	0,43	0,42	0,43
	dec. 2	0,47	0,48	0,48	0,39	0,38	0,46	0,45	0,42
	dec. 3	0,45	0,45	0,47	0,39	0,36	0,43	0,42	0,41
	Mensal	<b>0,45</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>
Abril	dec. 1	0,45	0,46	0,46	0,42	0,38	0,45	0,43	0,42
	dec. 2	0,50	0,51	0,52	0,51	0,45	0,44	0,49	0,46
	dec. 3	0,50	0,46	0,51	0,45	0,40	0,44	0,45	0,45
	Mensal	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,41</b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,44</b>
Maio	dec. 1	0,48	0,45	0,49	0,45	0,39	0,42	0,43	0,40
	dec. 2	0,52	0,52	0,53	0,50	0,43	0,51	0,49	0,47
	dec. 3	0,51	0,50	0,52	0,46	0,40	0,49	0,46	0,49
	Mensal	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>	<b>0,52</b>	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>
Junho	dec. 1	0,56	0,55	0,59	0,54	0,45	0,53	0,54	0,54
	dec. 2	0,57	0,59	0,59	0,54	0,49	0,53	0,58	0,57
	dec. 3	0,57	0,58	0,59	0,54	0,46	0,55	0,55	0,57
	Mensal	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>	<b>0,54</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>
Julho	dec. 1	0,59	0,59	0,60	0,53	0,47	0,54	0,56	0,54
	dec. 2	0,52	0,55	0,56	0,49	0,47	0,52	0,50	0,49
	dec. 3	0,54	0,56	0,56	0,43	0,46	0,53	0,49	0,48
	Mensal	<b>0,55</b>	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	<b>0,51</b>
Agosto	dec. 1	0,56	0,56	0,57	0,47	0,47	0,54	0,51	0,51
	dec. 2	0,53	0,52	0,54	0,47	0,43	0,47	0,52	0,46
	dec. 3	0,58	0,58	0,57	0,47	0,43	0,54	0,54	0,48
	Mensal	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>
Setembro	dec. 1	0,53	0,52	0,52	0,46	0,41	0,50	0,54	0,46
	dec. 2	0,61	0,59	0,59	0,52	0,49	0,56	0,58	0,49
	dec. 3	0,56	0,57	0,56	0,54	0,46	0,54	0,54	0,49
	Mensal	<b>0,57</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>	<b>0,55</b>	<b>0,48</b>
Outubro	dec. 1	0,53	0,54	0,52	0,49	0,41	0,52	0,52	0,47
	dec. 2	0,50	0,49	0,47	0,48	0,39	0,48	0,49	0,42
	dec. 3	0,51	0,50	0,49	0,46	0,38	0,48	0,50	0,41
	Mensal	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,50</b>	<b>0,48</b>	<b>0,40</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>
Novembro	dec. 1	0,50	0,51	0,48	0,47	0,39	0,48	0,49	0,43
	dec. 2	0,44	0,43	0,43	0,44	0,34	0,42	0,45	0,36
	dec. 3	0,45	0,42	0,44	0,41	0,30	0,39	0,44	0,36
	Mensal	<b>0,46</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,34</b>	<b>0,43</b>	<b>0,46</b>	<b>0,38</b>
Dezembro	dec. 1	0,45	0,39	0,42	0,45	0,33	0,41	0,45	0,37
	dec. 2	0,44	0,42	0,43	0,41	0,33	0,42	0,46	0,37
	dec. 3	0,44	0,40	0,42	0,43	0,32	0,40	0,44	0,34
	Mensal	<b>0,44</b>	<b>0,41</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>

dios, 0,50 (1° decêndio de abril e 2° e 3° decêndios de novembro) e 0,62 (3° decêndio de agosto), o que corresponde a uma variação anual de 0,12 no IND.

As demais localidades apresentaram um comportamento semelhante nas variações do IND no decorrer dos decêndios, sendo que nenhuma teve um destaque tão acentuado em seu comportamento como Bom Jesus, pois todas seguem o mesmo padrão de variação no decorrer do ano. Para os menores valores, duas localidades apresentaram um comportamento semelhante e intercalaram entre si a condição de menor IND, quando não apresentaram valores iguais, quais sejam: Alegrete e São Borja, ambas no oeste do Estado.

O IND apresentou em todas as localidades os maiores valores durante os decêndios referentes ao inverno, enquanto que durante o verão ocorreram os menores valores. As estações de transição outono e primavera apresentam uma distribuição semelhante do IND ao longo dos decêndios, mudando apenas o sentido de variação, que no outono está aumentando e na primavera diminuindo com o passar dos decêndios.

Na análise da distribuição temporal decendial para todo o Estado (Figura 2a) o IND apresentou o maior valor no decêndio 26 (2° decêndio de setembro) com um IND de 0,58, seguido dos decêndios 17 (2° decêndio de junho) e 19 (1° decêndio de julho) com 0,56 e o menor nos decêndios 2 (2° de janeiro), decêndio 33 (3° de novembro) e decêndio 36 (3° de dezembro) com 0,42; com isso a amplitude observada para todo o Estado foi de 0,16. Uma seqüência de quatro decêndios contíguos destaca-se com um IND máximo, são eles: 16, 17, 18 e 19. O valor do IND nesses decêndios foi de 0,55, 0,56, 0,55 e 0,56, respectivamente. Estes decêndios representam o mês de junho e primeiro decêndio de julho. A variação do IND decendial estadual entre três das estações do ano foi pequena, sendo de 0,02 no verão, 0,07 no outono e 0,05 no inverno. A primavera apresentou grande variabilidade entre os decêndios de 0,43 a 0,58, o que representa uma amplitude de 0,15.

Na análise da distribuição temporal mensal do IND no Rio Grande do Sul (Figura 2b) foi observado que, em média, os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram os maiores valores de IND, coerente com a distribuição decendial. Nestes meses o IND se manteve superior a 0,53. Os meses com o menor IND do Estado foram janeiro e dezembro, com 0,43 e 0,42, respectivamente.

O comportamento da nebulosidade analisado neste trabalho para o Estado é coerente com os resultados obtidos por Custódio et al. (2006) sobre a insolação no Estado, mesmo sendo considerado um período menor e um número inferior de localidades.

A Figura 3 mostra a distribuição, ou probabilidade empírica, do IND (diagrama de caixa), através do ano, onde se observa que os três meses de inverno (junho, julho e agosto) possuem as maiores variabilidades no IND, sendo que dentre estes, agosto apresenta a maior variabilidade. Durante o restante do ano os meses apresentaram uma variabilidade menor e muito semelhante. O mês de junho foi o que apresentou o maior valor do IND, com aproximadamente 80% de probabilidade do IND ser superior a 0,50.

Nos meses de julho, agosto e setembro (Figura 3), embora com valores altos do IND, há aproximadamente 75% de probabilidade de seus valores ficarem abaixo da mediana de junho. O mês de agosto apresentou a maior variabilidade do IND. O mês de dezembro destacou-se com os menores valores do IND, com aproximadamente 50% deles abaixo de 0,40.

Nas Figuras 4 e 5 está representada a distribuição espacial mensal do IND no Estado, onde a região de menor IND é o oeste-noroeste. O maior IND, na maioria dos meses (7) encontra-se na região nordeste do Estado e nos restantes 5 meses (junho, julho, agosto, setembro e outubro) o máximo se desloca para o leste e sul do Estado.

O mês que apresentou a maior variação espacial (0,15) do IND foi dezembro, que correspondente ao mês de início do verão (Figura 5).

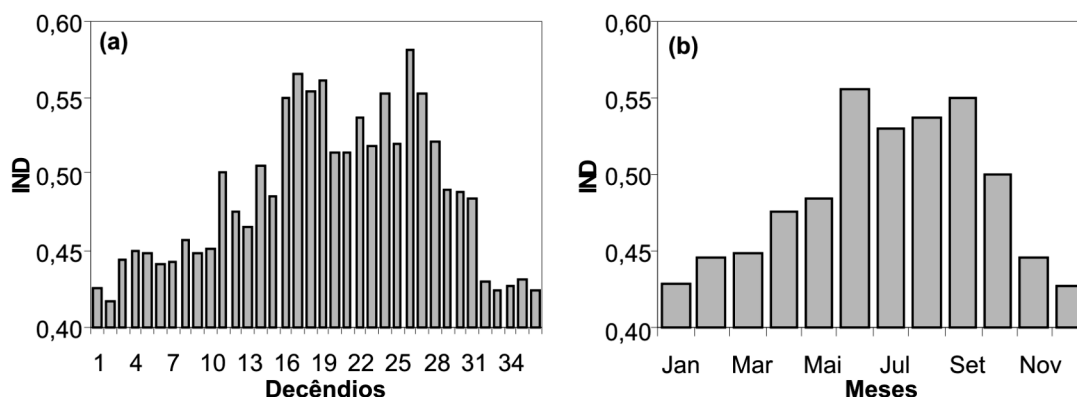
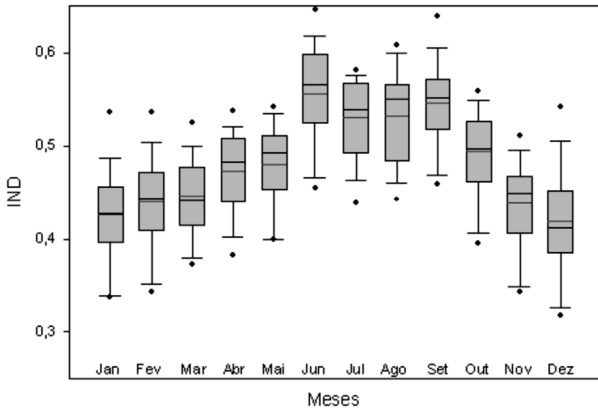


Figura 2 - Média climatológica decendial (a) e mensal (b) do Índice de Nebulosidade Diurna (IND) no Estado do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

A Figura 6 mostra a tendência temporal anual e estacional do IND para o Estado do Rio Grande do Sul, período 1960-2005. A análise mostrou uma tendência de incremento no IND tanto para o ano como para as quatro estações, no Rio Grande do Sul. O outono foi a estação do ano com o maior incremento do IND e o inverno a de



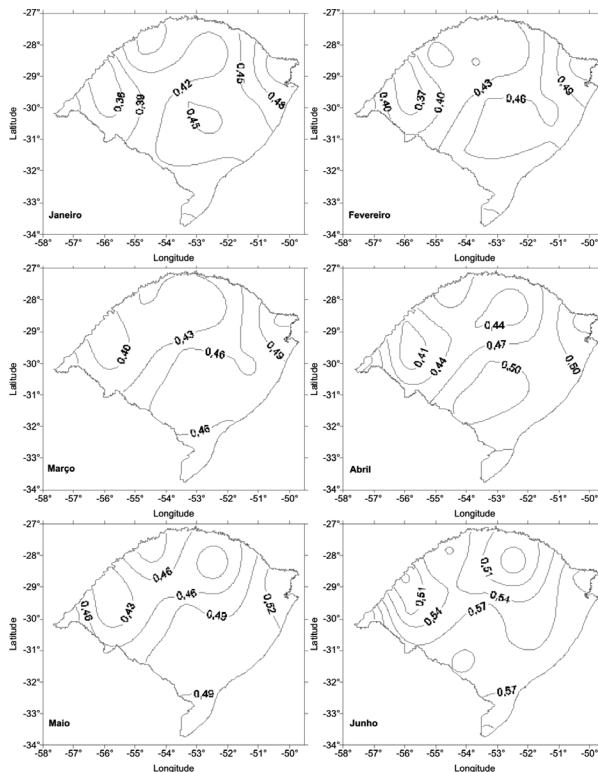
**Figura 3** - Distribuição (diagrama de caixa) do índice de nebulosidade diurna (IND) no Rio Grande do Sul, período 1960-2005. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha cinza clara); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.

menor. Estes resultados são coerentes com os de Berlato et al. (2007) onde no outono 100% das estações meteorológicas apresentaram aumento da precipitação pluvial no Estado, grande número delas com incrementos estatisticamente significativos.

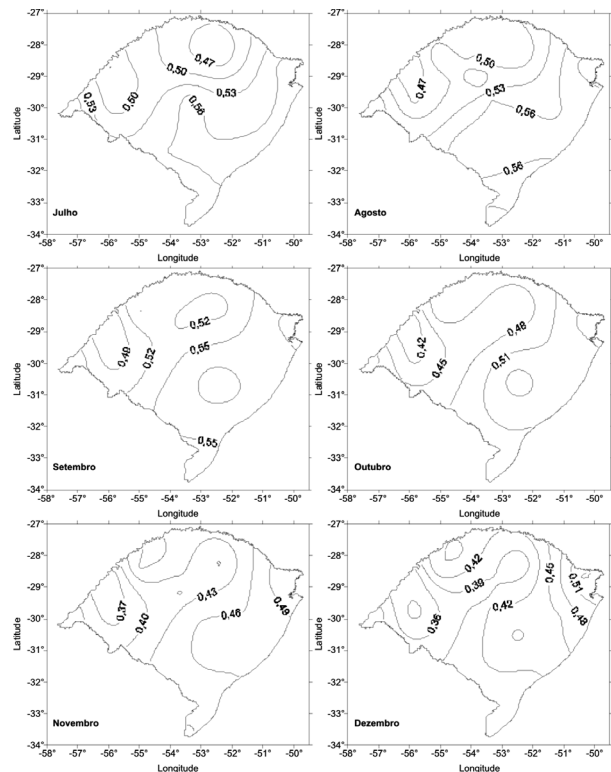
A tendência temporal anual e do outono foi estatisticamente significativa a 1% de probabilidade. Para o verão a tendência foi significativa a 5% de probabilidade. No inverno e na primavera o IND de nebulosidade diurna não apresentou tendência estatisticamente significativa, nos níveis probabilísticos adotados.

A tendência observada para o IND é coerente com os estudos feitos da precipitação pluvial, que mostraram tanto aumento de precipitação pluvial total, como do número de dias de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul (Fontana & Almeida, 2002; Martins & Berlato, 2005).

Estas tendências são coerentes também com os resultados de Custódio et. al. (2007) sobre a tendência da insolação no Rio Grande do Sul, com exceção do outono que aqui apresentou uma tendência de incremento significativo e no estudo anterior não apresentou uma tendência estatisticamente significativa. Esta diferença pode ter ocorrido por este estudo considerar um período maior (1960-2005) de observação.



**Figura 4** - Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de janeiro a junho no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.



**Figura 5** - Distribuição espacial do índice de nebulosidade diurna (IND) de julho a dezembro no Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

### Conclusões

As médias do índice de nebulosidade diurna, mensal e decenal, para o Rio Grande do Sul, determinadas neste estudo podem ser usadas como médias climatológicas, visto que consideram um período superior a 30 anos de observação.

A região oeste-noroeste do Estado é a que apresenta o menor índice de nebulosidade diurna e a região leste-nordeste apresenta o maior índice; o índice é maior no inverno e menor no verão.

O índice de nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul apresenta tendência temporal significativa de incremento para o ano, no outono e no verão.

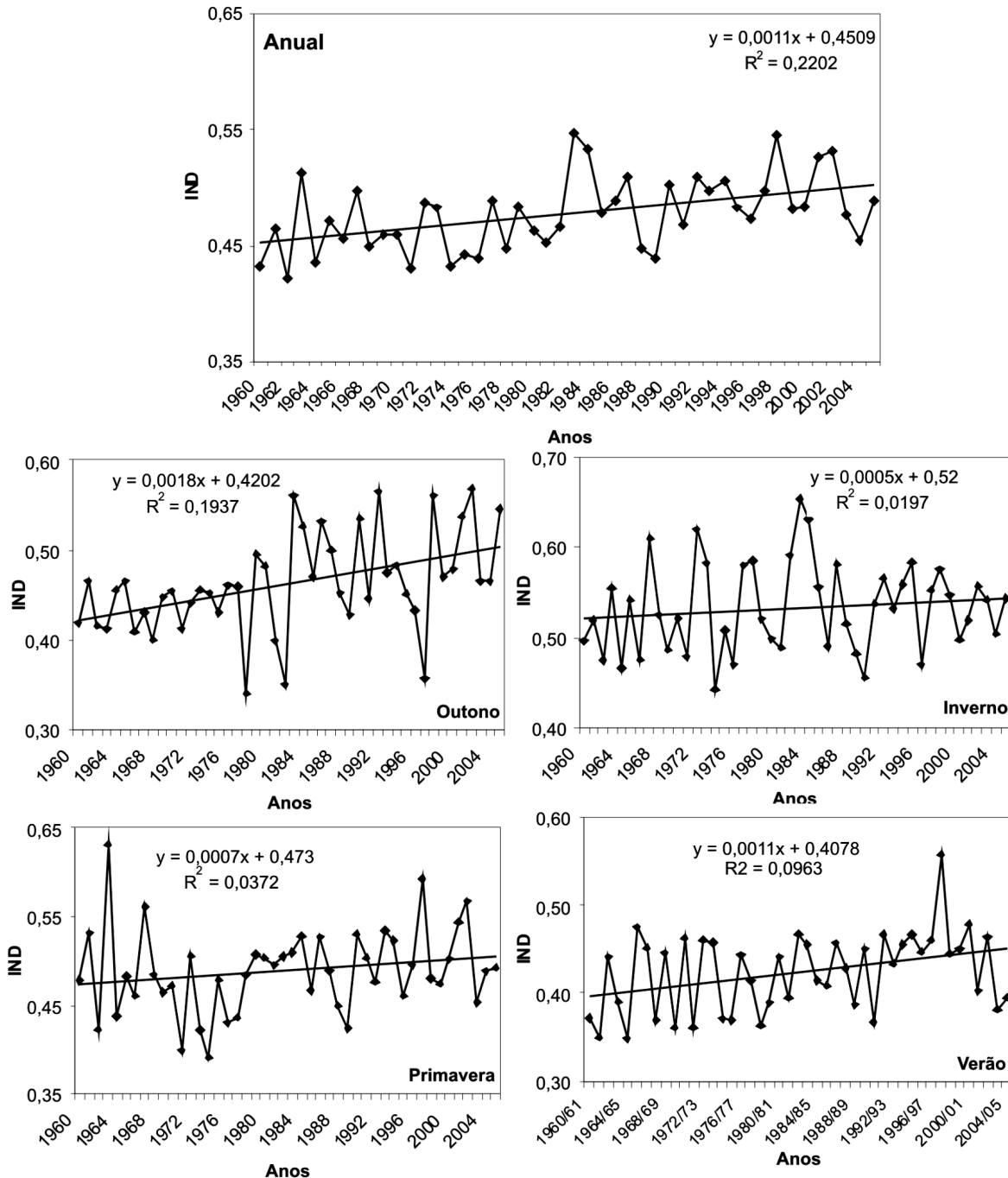


Figura 6 - Tendência linear anual e estacional do índice de nebulosidade diurna (IND) do Rio Grande do Sul, período 1960-2005.

## Referências

- BERGAMASCHI, H. Variations on the Brazilian Soybean Production Related to the Drought Occurrences: Preliminary Analysis. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas Proceedings**. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 1989. p. 2153-2158.
- BAPTISTA, R. L.; BERLATO, M.A. Relações do Rendimento de Grãos de Feijão Safra do Estado do Rio Grande do Sul com a Precipitação Pluvial, a Temperatura e o El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 307-314, 2004.
- BERLATO, M.A. As Condições de Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os Impactos da Estiagem na Produção Agrícola. In: BERGAMASHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1992. p.11-23.
- \_\_\_\_\_; FONTANA, D.C. Variabilidade Interanual de Precipitação Pluvial e Rendimento de Soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n.1, p.119-125, 1999.
- BERLATO, M. A. et al. Tendência Observada da Precipitação Pluvial Anual e Estacional do Estado do Rio Grande do Sul e a Relação com a Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** CD-ROOM.
- CARMONA, L.C. **Efeitos Associados aos Fenômenos El Niño e La Niña no Rendimento de Arroz Irrigado no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Insolação no Rio Grande do Sul: Climatologia e Impactos do El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis, SC. **Anais...** CD-ROM.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Insolação no Rio Grande do Sul: Climatologia e Tendência Temporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** CD-ROM.
- FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do Número de Dias com Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n.1, p.135-145, 2002.
- \_\_\_\_\_; BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), Precipitação e Rendimento de Milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n.1, p.39-46, 1996.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de Plantas Cultivadas e Coeficientes de Culturas. In: BERGAMASHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1992. p. 33-47.
- MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.
- WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. New York: Academic Press, 1995. 467 p.