

ISSN 0104-1347

## Disponibilidade hídrica para a cultura do milho em anos de El Niño, La Niña e neutros, nas regiões climáticas do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul<sup>1</sup>

Water availability for maize in years of El Niño, La Niña and neutral, in the climatic areas of the Planalto Médio and Depressão Central of the Rio Grande do Sul State, Brazil

Ronaldo Matzenauer<sup>2</sup> e Flávio Alves Machado<sup>3</sup>

**Resumo** – Avaliaram-se as condições de disponibilidade hídrica para a cultura do milho em diversas épocas de semeadura, em anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, e em anos neutros, em duas regiões climáticas do Estado do Rio Grande do Sul. Foi realizado balanço hídrico decendial para determinação da evapotranspiração máxima, utilizando o coeficiente de cultura, da evapotranspiração real e da deficiência hídrica, para as localidades de Passo Fundo (28°15' latitude sul; 52°24' longitude oeste, 709m de altitude) e Taquari (29°48' latitude sul; 51°49' longitude oeste, 76m de altitude), situadas respectivamente nas regiões climáticas do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul. Verificou-se pequena variação nos valores médios de evapotranspiração máxima entre os eventos estudados, dentro da mesma época de semeadura, para as duas localidades. Os resultados de evapotranspiração real são maiores na média dos eventos de El Niño, principalmente nas primeiras épocas de semeadura. Tanto a evapotranspiração máxima como a evapotranspiração real são maiores para Passo Fundo. As duas localidades apresentam deficiências hídricas para a cultura do milho na média dos três eventos, sendo os maiores valores observados para a localidade de Taquari. Em anos de El Niño, as deficiências hídricas são menores do que em anos de La Niña, porém somente nas primeiras épocas de semeadura. O resultado que mais chama a atenção, é que em anos neutros as deficiências hídricas são maiores do que em anos de La Niña, mostrando que na maioria dos anos existem condições hídricas limitantes para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** evapotranspiração máxima, evapotranspiração real, deficiência hídrica, milho.

**Abstract** - The objective of this work was to evaluate the conditions of water availability for maize grown in several sowing dates, in years of occurrence of the phenomenon El Niño and La Niña, and in neutral years, in two climatic areas of the Rio Grande do Sul State. A water balance was used to estimate maximum evapotranspiration (using the crop coefficient), real evapotranspiration and water deficiency, in Passo Fundo (28°15' S latitude; 52°24' W longitude; 709m altitude) and Taquari (29°48' S latitude; 51°49' W longitude, 76m altitude) sites, located in the climatic areas of the Planalto Médio and Depressão Central of Rio Grande do Sul State, Brazil, respectively. Small variation was verified in the mean values of maximum evapotranspiration among the events, analysed for the same sowing date in the two sites. The values of actual evapotranspiration were higher, on the average, during the events of El Niño, mainly in the first sowing date. Both maximum evapotranspiration and actual evapotranspiration were higher in Passo Fundo. The two sites presented water deficiency for maize on the average of the three events, with the largest values observed in Taquari. In years of El Niño, as expected, the water deficiency was lower than in years of La Niña, but only in the first sowing date. During neutral years water deficiency was larger than in years of La Niña, showing that there are limiting water conditions for maize in Rio Grande do Sul State, in the majority of the years.

**Key words:** maximum evapotranspiration, real evapotranspiration, water deficiency, maize.

<sup>1</sup>Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Fortaleza, CE. 03 a 06 de julho de 2001.

<sup>2</sup>Eng. Agr., Dr., pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO/SCT. Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060, Porto Alegre-RS. E-mail: [agrome@fepagro.rs.gov.br](mailto:agrome@fepagro.rs.gov.br). Pesquisador do CNPq.

<sup>3</sup>Estagiário da Equipe de Agrometeorologia – FEPAGRO/SCT

## Introdução

A análise do rendimento médio de grãos de milho no Estado do Rio Grande do Sul nos últimos 15 anos, indica uma variabilidade muito grande, com valores oscilando entre 1136kg.ha<sup>-1</sup> na safra 1990/91 a 3619kg.ha<sup>-1</sup> na safra 2000/01 (BISOTTO, 2001). Estes números indicam claramente a ocorrência de fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento desta cultura no Estado. Em uma análise das condições de precipitação pluvial e dos impactos das estiagens na produção agrícola, BERLATO (1992) concluiu que a variabilidade interanual das condições hídricas do solo determinada pela variabilidade das chuvas é o fator isolado que exerce maior peso na oscilação dos rendimentos das culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul.

O Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar um regime pluviométrico bastante variável, com normais mensais de precipitação pluvial que variam de 60mm em Jaguarão e Rio Grande no mês de dezembro, a 242mm em São Francisco de Paula no mês de setembro (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989), ocorrendo com frequência, períodos de excesso e, principalmente, deficiência hídrica, mais comuns durante os meses de dezembro a fevereiro, que reduzem as safras agrícolas de primavera-verão.

No Estado do Rio Grande do Sul, a cultura do milho apresentou reduções significativas na produção de grãos em quatro das últimas sete safras (1995/96, 1996/97, 1998/99 e 1999/2000) com perdas respectivamente de 1,575, 0,908, 1,022 e 1,072 milhões de toneladas. Estas reduções são devidas, em parte, ao elevado consumo de água durante o ciclo da cultura, que varia de 541 a 570mm (MATZENAUER et al., 1998a) e, em parte, à insuficiente quantidade e/ou má distribuição das chuvas nos meses de primavera-verão. Segundo ÁVILA et al. (1996), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro a fevereiro, em praticamente todo o Estado, é inferior a 60%, o que determina elevada frequência de ocorrência de deficiências hídricas. Em uma análise das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na localidade de Passo Fundo, RS, MATZENAUER et al. (2000) verificaram deficiências hídricas médias de 100mm, 105mm, 91mm e 82mm, respectivamente para as épocas de semeadura de setembro, outubro, novembro e dezembro, no ciclo completo da cultura.

MATZENAUER & FONTANA (1987) relacionaram o rendimento de grãos de milho com a precipitação pluvial em diferentes períodos da cultura, por meio de análise de regressão. Os melhores ajustes foram obtidos no período da floração e início de enchimento de grãos. AGUINSKY (1991) analisou a relação entre o rendimento de grãos de milho e a chuva efetiva, para diversas localidades do Estado, concluindo que o rendimento do milho é linearmente dependente do volume de água disponível e que a distribuição da precipitação é mais importante que a quantidade.

MATZENAUER et al. (1995) relacionaram o rendimento de grãos de milho com diversas variáveis hídricas, em quatro localidades do Rio Grande do Sul. Verificaram alta associação entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos durante o período da floração e início de enchimento de grãos, caracterizando-se como o período de maior sensibilidade ao déficit hídrico.

Segundo FONTANA & BERLATO (1996), nos últimos anos tem-se associado as variações interanuais do tempo e clima, em diversas regiões do globo, ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), sendo o mesmo relacionado a mudanças oceânicas e atmosféricas que ocorrem na região equatorial do Oceano Pacífico Tropical. Diversos estudos têm demonstrado a relação entre o fenômeno ENOS e a variabilidade da chuva no sul da América do Sul (RAO & HADA, 1990; STUDZINSKY, 1995). Nesta região, a fase quente do evento está associada ao aumento da precipitação, enquanto que a fase fria normalmente determina precipitações abaixo dos valores normais.

FONTANA & BERLATO (1996) avaliaram a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação e sobre o rendimento de milho no Rio Grande do Sul. Verificaram desvios positivos da média de precipitação nos meses de setembro e outubro e desvios negativos nos meses de novembro a abril, para as localidades de Passo Fundo e Cruz Alta. Os meses com desvios negativos de precipitação coincidem com os meses mais críticos para as culturas de primavera-verão. É nesta época que as culturas estão em pleno desenvolvimento, coincidindo com elevada demanda evaporativa da atmosfera, e, portanto, alto consumo de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico. Os autores concluem que a variabilidade da precipitação no Rio Grande do Sul está relacionada ao fenômeno ENOS e essa variabilidade tem influência sobre o rendimento da cultura do milho no Estado.

Este trabalho teve como objetivo, avaliar as condições de disponibilidade hídrica para a cultura do milho em diversas épocas de semeadura, em anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, e em anos neutros, em duas regiões climáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

## Material e métodos

Foram calculados balanços hídricos decendiais pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), com CAD de 75mm, utilizando-se a evapotranspiração máxima da cultura (ETm) estimada através de coeficientes de cultura (Kc) (MATZENAUER et al., 1998b), segundo a relação:

$$ETm = Kc \cdot ETo \quad (1)$$

sendo ETo a evapotranspiração de referência calculada pelo método de PENMAN (1956). Os cálculos foram feitos para as localidades de Passo Fundo (região climática do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, 28°15' latitude Sul, 52°24' longitude Oeste e 709m de altitude) e Taquari (região climática da Depressão Central, 29°48' latitude Sul, 51°49' longitude Oeste e 76m de altitude), respectivamente para os períodos 1961/62 a 1998/99 e 1963/64 a 1999/00. Os dados meteorológicos foram obtidos no Banco de Dados da Equipe de Agrometeorologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO – Secretaria da Ciência e Tecnologia/RS e da EMBRAPA Trigo.

As determinações de evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETR) e deficiência hídrica (Def), foram feitas para as épocas de semeadura de setembro, outubro, novembro e dezembro para Passo Fundo, sendo para Taquari incluída a época de agosto, iniciadas no dia primeiro de cada mês, nos seguintes subperíodos:

1. da emergência até 30 dias após a emergência (Em-30Em);
2. de 30Em até o início do pendoamento (30Em-IP);
3. de IP até 30 dias após IP (IP-30IP);
4. de 30IP até a maturação fisiológica (30IP-MF);
5. no ciclo (Em-MF).

A duração dos subperíodos para cada local e época, foi estimada com base nos resultados dos ensaios de épocas de semeadura conduzidos pela Equi-

pe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT, em vários locais do Estado. A duração média do ciclo da emergência à maturação fisiológica, nas diversas épocas de semeadura, foi de 130 dias para Passo Fundo e 124 dias para Taquari.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os dados de fenologia para as diversas época de semeadura e para cada local (valores médios para Passo Fundo e Taquari, respectivamente) e os coeficientes de cultura (Kc) utilizados para a estimativa da evapotranspiração máxima do milho em cada época de semeadura, segundo a equação 1.

Na Tabela 3 é apresentada a relação dos anos em que ocorreram os eventos de El Niño, de La Niña e anos considerados neutros, durante o período em que foram analisados os dados (1961/62 a 1999/2000), segundo consta no endereço eletrônico do INPE.

## Resultados e discussão

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados de evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETR) e deficiência hídrica (Def) (valores totais médios de cada subperíodo, em mm), para a cultura do milho em diversas épocas de semeadura, em anos de ocorrência dos eventos de La Niña, El Niño e em anos neutros, para as localidades de Passo Fundo e Taquari, respectivamente. Verifica-se que os valores de ETm e ETR são maiores para Passo Fundo. Este resultado pode ser explicado, em parte, pela maior quantidade de radiação solar global que ocorre em Passo Fundo, já que a radiação solar é o principal elemento meteorológico no processo de evaporação da água e, em parte à maior temperatura do ar observada em Taquari (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989), pois, com o aumento da temperatura, ocorre redução do ciclo da cultura do milho, ocorrendo, conseqüentemente, redução na evapotranspiração acumulada no ciclo. Observa-se uma redução nos valores de evapotranspiração, à medida que se avança da época de semeadura de setembro para a época de dezembro. Isto acontece devido ao fato que nas épocas de semeadura de setembro e outubro, ocorre coincidência dos períodos de maior crescimento vegetativo da cultura com os períodos de maior demanda evaporativa da atmosfera. Como a evapotranspiração é determinada pela demanda evaporativa da atmosfera e pelo estágio de desenvolvimento da cultura, a coincidência do

**Tabela 1.** Fenologia média do milho e coeficientes de cultura (Kc) para quatro épocas de semeadura, para a localidade de Passo Fundo, RS.

Mês	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março			Abr		
Decêndio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Fenologia <sup>1</sup>	S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF											
Kc Época 1 <sup>2</sup>	0,40	0,46	0,56	0,66	0,72	0,80	0,86	0,90	0,94	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62									
Fenologia				S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF								
Kc Época 2				0,40	0,46	0,56	0,66	0,74	0,82	0,88	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62							
Fenologia							S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF					
Kc Época 3							0,40	0,46	0,56	0,66	0,76	0,86	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62					
Fenologia										S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF		
Kc Época 4										0,40	0,46	0,56	0,66	0,76	0,86	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62		

<sup>1</sup> S: semeadura; Em: emergência; 30Em: 30 dias após Em; IP: início do pendoamento; 30IP: 30 dias após IP; MF: maturação fisiológica

<sup>2</sup> Época 1: 01/setembro; época 2: 01/outubro; época 3: 01/novembro; época 4: 01/dezembro

maior índice de área foliar com a maior demanda atmosférica, resulta em maiores valores de evapotranspiração.

Para os dados de deficiência hídrica, observa-se que na média dos anos de La Niña e El Niño os valores são maiores para a localidade de Taquari, sendo que na média dos anos neutros, os valores dos dois locais se aproximam. Para a época de semeadura de dezembro, os valores de deficiência hídrica para

os dois locais são muito próximos. As maiores deficiências hídricas encontradas para a localidade de Taquari, apesar dos valores mais baixos de evapotranspiração, devem-se à menor quantidade de chuvas que ocorre naquela localidade. No período de setembro a março, a quantidade normal de precipitação pluvial em Taquari é de 778mm, enquanto que em Passo Fundo, o valor normal acumulado no mesmo período é de 1003mm (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989), sendo, portanto,

**Tabela 2.** Fenologia média do milho e coeficientes de cultura (Kc) para cinco épocas de semeadura, para a localidade de Taquari, RS.

Mês	Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março					
Decêndio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Fenologia <sup>1</sup>	S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF														
Kc Época 1 <sup>2</sup>	0,40	0,46	0,56	0,66	0,72	0,80	0,86	0,90	0,94	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62												
Fenologia				S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF											
Kc Época 2				0,40	0,46	0,56	0,66	0,74	0,82	0,88	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62										
Fenologia							S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF								
Kc Época 3							0,40	0,46	0,56	0,66	0,76	0,86	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62								
Fenologia										S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF					
Kc Época 4										0,40	0,46	0,56	0,66	0,76	0,86	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62					
Fenologia													S-E			Em - 30Em			30Em - IP			IP - 30IP			30IP - MF		
Kc Época 5													0,40	0,46	0,56	0,66	0,78	0,92	0,96	0,96	0,92	0,82	0,72	0,62			

<sup>1</sup> S: semeadura; Em: emergência; 30Em: 30 dias após Em; IP: início do pendoamento; 30IP: 30 dias após IP; MF: maturação fisiológica

<sup>2</sup> Época 1: 01/agosto; época 2: 01/setembro; época 3: 01/outubro; época 4: 01/novembro; época 5: 01/dezembro

**Tabela 3.** Relação dos anos em que ocorreram eventos de El Niño e La Niña, e anos neutros, do período 1961/62 a 1999/2000.

Evento	Anos	Número de anos
La Niña	64/65 70/71 73/74 75/76 88/89 95/96 96/97 98/99 99/00	9
El Niño	63/64 65/66 69/70 72/73 76/77 77/78 82/83 86/87 91/92 92/93 94/95 97/98	12
Anos Neutros	61/62 62/63 66/67 67/68 68/69 71/72 74/75 78/79 79/80 80/81 81/82 83/84 84/85 85/86 87/88 89/90 90/91 93/94	18

Fonte: INPE.

29% maior. Na maioria das situações (locais x épocas de semeadura), as maiores deficiências hídricas ocorreram durante o subperíodo do início do pendoamento a 30 dias após (IP – 30IP), que abrange a floração (do início do pendoamento ao final do espigamento) e início de enchimento de grãos, caracterizado como o mais crítico ao déficit hídrico. A alta sensibilidade da cultura do milho durante o subperíodo da floração associado à curta duração do mesmo, são os principais fatores responsáveis pelas seguidas reduções de safra desta cultura. Por isso, recomenda-se, quando necessário, a suplementação hídrica preferencialmente durante o subperíodo da floração e no início de enchimento de grãos.

Verifica-se que os valores médios de deficiência hídrica dos anos neutros, são maiores do que os

valores médios dos anos de La Niña, para as duas localidades, principalmente nas épocas de outubro, novembro e dezembro. Este resultado é, de certa forma, inesperado, pois esperava-se que em anos de La Niña as deficiências hídricas fossem maiores. Isto ocorreu devido ao fato de que os períodos de maior deficiência hídrica foram observados em anos neutros e não em anos de La Niña, como verifica-se por exemplo, nos anos agrícolas de 1978/79, 1984/85, 1985/86 e 1990/91, em que as deficiências no ciclo chegaram a mais de 300mm. Na Tabela 6 pode-se observar que nos anos em que ocorreu La Niña, não foram observadas deficiências hídricas tão severas como nos anos neutros citados. Verifica-se que os valores de desvio padrão são maiores nos anos neutros quando comparados com anos de La Niña e El Niño (Tabela 6), evidenciando a maior variabilidade

**Tabela 4.** Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETR) e deficiência hídrica (Def) (valores médios em mm), para a cultura do milho em quatro épocas de semeadura, em anos de La Niña, El Niño e neutros. Passo Fundo/RS, período 1961/62 a 1998/99.

Época	ETm				Ciclo Em- MF	ETR				Ciclo Em- MF	Def.				Ciclo Em- MF
	Em- 30Em <sup>1</sup>	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF		Em- 30Em	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF		Em- 30Em	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF	
Anos de La Niña (média de 8 anos)															
01/Set	61	232	168	124	586	61	193	124	109	487	1	40	44	15	99
01/Out	86	198	167	116	568	81	156	134	111	482	5	42	33	5	85
01/Nov	101	150	160	98	508	89	127	143	92	451	12	23	16	6	57
01/Dez	99	141	130	99	469	93	133	116	76	419	6	7	14	23	50
Anos de El Niño (média de 12 anos)															
01/Set	67	214	178	123	582	66	200	146	112	523	1	14	33	11	58
01/Out	81	193	168	115	558	80	167	146	102	495	1	26	22	13	62
01/Nov	94	155	157	96	503	89	138	133	84	444	6	17	23	12	59
01/Dez	102	140	126	94	463	98	126	107	81	411	4	13	19	14	51
Anos neutros (média de 18 anos)															
01/Set	64	223	178	131	597	62	187	135	95	479	2	36	44	36	118
01/Out	86	196	176	123	581	82	160	122	96	460	4	36	55	27	121
01/Nov	97	158	169	99	524	86	129	118	83	416	10	29	51	17	108
01/Dez	105	151	130	94	480	96	117	101	72	385	9	34	30	22	95

<sup>1</sup> Em: emergência; 30Em: 30 dias após Em; IP: início do pendoamento; 30IP: 30 dias após IP; MF: maturação fisiológica

**Tabela 5** Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETR) e deficiência hídrica (Def) (valores médios em mm), para a cultura do milho em cinco épocas de semeadura, em anos de La Niña, El Niño e neutros. Taquari/RS, período 1963/64 a 1999/00.

Época	ETm				Ciclo Em- MF	ETR				Ciclo Em- MF	Def.				Ciclo Em- MF
	Em- 30Em	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF		Em- 30Em	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF		Em- 30Em	30Em -IP	IP- 30IP	30IP- MF	
Anos de La Niña (média de 9 anos)															
01/Ago	43	158	155	119	476	43	143	102	93	380	0	14	53	27	95
01/Set	55	165	154	122	496	53	134	112	87	387	2	31	41	35	110
01/Out	80	137	161	114	492	74	111	108	105	399	6	26	52	9	93
01/Nov	91	144	150	91	475	84	112	130	75	402	7	32	20	16	74
01/Dez	95	92	127	88	401	84	87	101	77	349	11	6	25	11	53
Anos de El Niño (média de 12 anos)															
01/Ago	46	162	133	120	461	44	151	118	99	412	1	11	14	22	48
01/Set	59	149	148	121	477	57	138	119	95	410	2	11	29	26	68
01/Out	71	128	159	114	472	70	111	122	94	397	1	17	37	20	75
01/Nov	85	142	150	90	466	81	120	119	76	396	4	22	30	13	70
01/Dez	94	94	124	89	399	88	80	103	76	347	6	13	21	12	52
Anos neutros (média de 16 anos)															
01/Ago	49	165	142	122	478	47	151	114	85	397	2	14	28	37	81
01/Set	57	159	154	128	497	56	140	110	80	386	1	19	44	48	111
01/Out	78	134	165	123	499	74	107	104	93	377	4	28	62	30	123
01/Nov	89	148	161	96	494	78	105	114	77	374	10	43	46	19	119
01/Dez	98	99	133	94	425	83	77	99	78	337	15	22	34	16	88

<sup>1</sup> Em: emergência; 30Em: 30 dias após Em; IP: início do pendramento; 30IP: 30 dias após IP; MF: maturação fisiológica

ocorrida no período neutro. Observa-se que as semeaduras de novembro e dezembro são as de menor risco na análise dos anos de ocorrência de La Niña, pois as deficiências hídricas médias nessas épocas são menores, nos dois locais.

É importante salientar, portanto, que ocorrem fortes estiagens não somente em eventos de La Niña, mas também em anos neutros, mostrando que em alguns destes anos, os efeitos são mais severos. Mesmo em eventos de El Niño, ocorreram anos com elevados valores de deficiência hídrica, como por exemplo, no ano agrícola 1969/70 (Tabela 6), em que os valores totais no ciclo se aproximaram a 200mm. Deve-se alertar que ano neutro não significa que seja período satisfatório em termos de disponibilidade hídrica para a cultura do milho, já que muitos eventos de forte estiagem ocorrem nestes anos.

Os resultados evidenciam que a ocorrência de deficiências hídricas, caracteriza-se como um dos principais fatores responsáveis pela oscilação dos rendimentos da cultura do milho, reduzindo com frequência as safras desta cultura no Estado do Rio Grande do Sul.

## Conclusões

Para o período e os locais analisados, conclui-se:

- A evapotranspiração máxima do milho apresenta pequena variação na média dos eventos, quando comparada na mesma época de semeadura, para as duas localidades, enquanto que a evapotranspiração real é maior na média dos eventos de El Niño, principalmente nas primeiras épocas de semeadura;
- As duas localidades apresentam deficiências hídricas para a cultura do milho na média dos anos de El Niño, La Niña e neutros, sendo os maiores valores observados para a localidade de Taquari;
- Em anos neutros as deficiências hídricas da cultura do milho são maiores que em anos de La Niña;
- Em anos de El Niño as deficiências hídricas são menores que em anos de La Niña somente nas primeiras épocas de semeadura;
- Em anos de La Niña as semeaduras do tarde apresentam menor risco;

**Tabela 6.** Deficiência hídrica total (mm) no ciclo do milho, nas diversas épocas de semeadura para cada evento, para as localidades de Passo Fundo e Taquari, RS.

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Ano	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Evento: La Niña Local: Passo Fundo					Evento La Niña Local: Taquari					
64/65	85	75	58	41	64/65	121	103	82	73	80
70/71	104	85	52	22	70/71	123	122	91	28	4
73/74	63	56	33	22	73/74	144	155	131	108	59
75/76	57	59	62	56	75/76	110	108	66	95	89
88/89	58	31	28	50	88/89	32	47	50	56	59
95/96	204	174	96	60	95/96	123	127	107	55	40
96/97	102	101	56	94	96/97	64	116	122	69	49
98/99	120	103	72	59	98/99	104	143	112	76	33
					99/00	37	66	76	102	64
Média	99	86	57	51	Média	95	110	93	74	53
DesPad	45	40	20	21	DesPad	38	32	25	24	24
Evento El Niño Local: Passo Fundo					Evento El Niño Local: Taquari					
63/64	30	55	62	72	63/64	33	95	144	188	156
65/66	13	7	4	12	65/66	42	59	61	33	5
69/70	172	169	160	109	69/70	116	168	179	191	126
72/73	35	42	35	47	72/73	96	130	139	99	55
76/77	17	13	11	19	76/77	20	21	19	10	10
77/78	76	113	160	126	77/78	66	70	57	67	75
82/83	98	125	100	44	82/83	25	42	81	72	42
86/87	111	98	80	85	86/87	25	25	23	24	29
91/92	45	38	28	18	91/92	42	54	57	53	39
92/93	30	27	21	14	92/93	36	35	37	42	54
94/95	31	25	22	59	94/95	60	75	66	20	9
97/98	43	38	23	5	97/98	20	39	42	40	26
Média	58	63	59	51	Média	48	68	75	70	52
DesPad	45	49	52	38	DesPad	29	42	49	58	44
Anos neutros Local: Passo Fundo					Anos neutros Local: Taquari					
61/62	38	54	66	56	66/67	16	17	27	44	60
62/63	225	174	106	52	67/68	87	126	119	91	51
66/67	60	74	63	33	68/69	90	90	79	54	19
67/68	110	122	132	100	71/72	188	163	120	59	37
68/69	115	106	86	84	74/75	110	90	64	49	11
71/72	98	72	34	16	78/79	24	114	223	277	226
74/75	55	21	21	27	79/80	22	22	34	70	64
78/79	204	286	267	185	80/81	16	43	66	60	64
79/80	7	34	46	41	81/82	86	123	162	149	118
80/81	23	22	24	78	83/84	132	169	164	129	99
81/82	83	113	163	227	84/85	67	139	172	221	165
83/84	76	62	49	73	85/86	235	280	284	234	125
84/85	243	227	164	76	87/88	29	41	36	43	72
85/86	376	375	302	193	89/90	111	158	161	129	58
87/88	97	95	98	158	90/91	53	125	155	198	179
89/90	76	52	19	17	93/94	22	73	101	99	55
90/91	156	187	192	219						
93/94	75	107	110	71						
Média	118	121	108	95	Média	81	111	123	119	88
DesPad	89	93	80	68	DesPad	62	65	70	74	58

Épocas de semeadura: agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro; DesPad: desvio padrão

- Ocorrem condições hídricas limitantes para a cultura do milho, na maioria dos anos.

### Referências bibliográficas

AGUINSKY, S.D. **Prognóstico e otimização do rendimento de milho (*Zea mays* L.) no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 196 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Agronômicas, UFRGS, 1991.

ÁVILA, A.M.H. de et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 149-154. 1996.

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 1992. p. 11-24.

BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO/ EMBRAPA Trigo/ EMATER/RS/ FECOAGRO/RS. ago. 2001. 195 p. (Boletim Técnico, n. 6).

FONTANA, D. C.; 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.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989. v. 1, 102 p.

INPE-CPTEC. Tabela de anos com EL NIÑO/LA NIÑA. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/lanitabp.html>>. Acesso em: abril/2002.

MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C. Relação entre rendimento de grãos e altura de chuva em diferentes períodos de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5. **Belém, PA, 1987. Coletânea de Trabalhos ...** Belém: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1987. p. 3-6.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 85-92, 1995.

MATZENAUER, R. et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I: Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-14, 1998a.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II: Relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998b.

MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 263-273, 2000.

PENMAN, H.L. Evaporation: and introductory survey. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 4, p. 9-29, 1956.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil, annual variation and correlation with the southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 2, p. 81-91, 1990.

STUDZINSKY, C. D. **Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995. 79 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, 1995.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water budget and its use in irrigation. **Yearbook of Agriculture**, Washington, 1955. p. 346-358.



