

Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja¹

Osmar Rodrigues², Agostinho D. Didonet³, Julio Cesar B. Lhamby², Mauro C. C. Teixeira², Roberta Guareschi⁴

Imagem: Jaqueline Doring Rodrigues



Passo Fundo, RS

2006

Resumo

Variações na época de semeadura de soja, normalmente observadas no Planalto do RS, expõem a cultura a determinadas combinações de fotoperíodo e de temperatura. Essas combinações, provocam respostas diferenciadas entre cultivares, não somente na indução ao florescimento, mas também na taxa e na duração do crescimento dos grãos. Soja de diferentes grupos de maturação e, mesmo dentro de um mesmo grupo de maturação, têm sensibilidade e respostas diferentes. Dessa forma, o entendimento, do efeito da temperatura e do fotoperíodo na taxa de crescimento e duração de enchimento de grãos, nos principais grupos de cultivares em avaliação, é importante para o manejo dessas cultivares no tempo e no espaço, nos diversos modelos de produção em que a cultura de soja participa. Portanto, o objetivo do presente estudo foi obter informações sobre o efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração (R5-R7) e na taxa de crescimento de grãos de soja (TCG). Para atingir tal objetivo, foi conduzido nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97, em área experimental da

¹ Boletim de pesquisa.

² Embrapa Trigo. Rodovia BR 285, km 294, Cx. P. 451, CEP 99001-970. Passo Fundo, RS, Brasil. E-mail: osmar@cnpt.embrapa.br.

³ Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mail: didonet@cnpaf.embrapa.br.

⁴ Acadêmica da Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo.

Embrapa Trigo, o presente estudo usando-se cultivares de soja de hábito de crescimento determinado (Ocepar 14, BR-16 e FT Abyara), indeterminado (FT Cometa, Ocepar 3 e Ocepar 6) e de período juvenil longo (Ocepar 8, Ocepar 9, BR 83147), semeadas em cinco épocas (1995/96: 17/09, 11/10, 16/11, 12/12 e 05/01; 1996/97: 18/09, 17/10, 12/11, 17/12 e 17/01),. Observou-se que a TCG embora não associada ao rendimento de grãos, aumentou nas cultivares determinadas e com período juvenil longo com o encurtamento do fotoperíodo. Temperatura elevada e fotoperíodo curto, de forma geral, aceleram o desenvolvimento, provocando redução dos subperíodos. Onde foi constatado que a duração do subperíodo R5-R7 está mais associada ao fotoperíodo, principalmente nas quatro primeiras épocas de semeadura. Temperatura média abaixo de 19 °C, de forma geral, parece assumir o controle da duração do período de crescimento de grãos, aumentando esse subperíodo. O período de crescimento dos grãos (R5-R7) esteve mais associado ao número de grãos/m² e, conseqüentemente ao rendimento de grãos.

Abstract

Variations of the soybean sowing date, normally observed in the high planes of RS, expose crops to specific photoperiodic and temperature combinations. Such combinations, promote different responses among soybean cultivars, not only of flower induction, but also of grain filling rate and duration. Soybean from different maturity groups and even in the same maturity group, have different sensitivity and responses to those factors. In this way, the understanding of temperature and photoperiodic effects on soybean grain filling rate and duration, of main maturity groups, is important for determine the proper spatial and time management practices in the several crop systems that soybean is included. So, the objective of this study was to obtain information about the effect of temperature and the photoperiod on the duration (R5-R7) and grain filling rate of soybean (GFR). In order to aim such objective, an experiment was conducted at Embrapa Trigo in 1995/1996 and 1996/1997 growing seasons, using determinate varieties (Ocepar 14, BR-16 e FT Abyara), indeterminate varieties (FT Cometa, Ocepar 3 e Ocepar 6), varieties with large juvenile period ((Ocepar 8, Ocepar 9, BR 83147), in five planting dates (1995/96: 17/09, 11/10, 16/11, 12/12 e 05/01; 1996/97: 18/09, 17/10, 12/11, 17/12 e 17/01). It was observed that GFR, even tough not associated with grain yield, increased in determinate varieties with larger juvenile period when the photoperiod was reduced. High temperature and short photoperiod, in general, speed up development, promoting reduction of developmental stages. It was shown that the duration of R5-R7 is more associated with photoperiod, mainly for the first four planting dates. In general, average temperatures below 19 °C appear to control the grain filling duration, increasing such period. The increase of the duration of R5-R7 was more associated with the number or grains/m², and consequently with grain yield.

Introdução

A cultura de soja no Planalto do RS tinha em 1995, semeadura indicada a partir de 11 de outubro até 10 de dezembro, com indicação diferenciada para as cultivares em função do ciclo (precoce, média e tardia)(Reunião,1995). A definição da época dentro desse período, é baseada em condições climáticas disponíveis para obtenção de elevado rendimento de grãos (Berlato & Westphalen,1971; Mota et al.,1974; Barni e Bergamaschi,1981 e Barni et al.,1985). A semeadura em épocas inadequadas, principalmente em dezembro, é uma das razões de perda de rendimento de grãos, devido ao menor crescimento vegetativo em função do florescimento precoce (Bonato et al.,1998) e, conseqüentemente, a incapacidade da cultura na utilização dos recursos disponíveis do ambiente (radiação e temperatura). Ainda, diferentes modelos de produção nos quais a cultura de soja está inserida no Sul do Brasil, também contribuem para semeadura em épocas inadequadas. O duplo cultivo por exemplo (cereais no inverno-soja no verão), em diferentes partes do mundo e em especial no Brasil, tem grande importância econômica e é um dos principais modelos de produção do Planalto do RS (Santos et al.,1999), que impõem tal condição. Da mesma forma, características de ambiente, peculiares aos modelos de produção, podem condicionar a semeadura de soja mais tarde. A presença de estresse hídrico, freqüente durante o desenvolvimento da cultura, é um exemplo dessa condicionante.

A utilização inadequada de cultivares nas diferentes épocas de semeadura, é outro fator que pode limitar o rendimento de grãos, através do efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração do crescimento vegetativo e reprodutivo, principalmente em cultivares precoces. A planta de soja necessita de um período mínimo de duração (42 a 58 dias) até atingir o estágio R1 para uma produção mínima de biomassa que proporcione rendimento de grãos aceitável. Nesse sentido, fotoperíodo curto provoca indução precoce da floração, limitando o número de nós, a área foliar máxima, o estabelecimento dos destinos e a acumulação de matéria seca nos grãos (Cáffaro et al.,1988; Board e Settimi, 1986; Hanson,1985). Da mesma forma, a temperatura exerce influência sobre o crescimento de soja e, em algumas situações, respostas fotoperiódicas são modificadas pela temperatura (Thomas & Raper,1983). A influência da temperatura e do fotoperíodo no florescimento prematuro em cultivares de soja de vários grupos de maturação foi estudado por Board & Hall (1984). Nesse estudo observou-se que a temperatura de 27 °C comparada com a temperatura de 21 °C reduziu a duração do subperíodo para o aparecimento das primeiras flores e essa redução foi maior sob dias curtos do que sob dias longos. Este efeito foi maior nas cultivares do grupo de maturação VI e VII, comparativamente à cultivares do grupo V. Finalmente, temperatura e fotoperíodo não somente controlam a indução ao florescimento de soja, mas também afetam os estádios tardios do crescimento reprodutivo. Nesses estádios, dois processos se destacam pela sua importância na determinação do rendimento de grãos: a duração (R5-R7) e a taxa de crescimento dos grãos (TCG).

Com relação à TCG, essa é determinada pela combinação de fatores genéticos e de ambiente. Assim, enquanto a taxa potencial de crescimento e peso da semente são geneticamente limitados (Egli et al.,1981), condições de ambiente

durante o período de crescimento, podem substancialmente modificar estes componentes de crescimento dos grãos (Egli et al., 1985, 1989). Assim, em genótipo sensível ao fotoperíodo, a taxa de crescimento de grãos é maior sob fotoperíodo curto do que sob fotoperíodo longo (Raper & Thomas, 1978; Morandi et al., 1988; 1990). Esta resposta poderia ser um efeito indireto da mudança na partição de assimilados ou efeito direto do ácido abscísico (ABA) no número de células (Morandi et al., 1990). Com relação ao efeito da temperatura na TCG, Egli & Wardlaw (1980), observaram em experimentos em ambiente controlado que essa taxa se manteve constante quando a temperatura (dia/noite) variou de 24/19 a 30/25 °C, mas foi menor a 18/13 e 33/28 °C. Thorne (1982) encontrou que a acumulação de ¹⁴C pelos grãos, alcançou um máximo a 25 °C e não se alterou até a temperatura de 35 °C.

Com relação a duração do período de crescimento dos grãos de soja, tem sido bem documentado o efeito muito forte de diferenças genotípicas nesse parâmetro (Egli et al., 1984; Swank et al., 1987). Dois métodos têm sido usados para estimar a duração do período de crescimento de grãos de soja. O primeiro se baseia no efetivo período de crescimento de grãos (EPCG), que é o quociente entre a produção final de grãos pela taxa de crescimento dos grãos (durante a fase linear de crescimento dos grãos) (Daynard et al., 1971). O segundo método, baseia-se na utilização do número de dias entre estádios específicos de crescimento (Fehr & Calviness, 1977). Diversos autores têm apontado uma relação específica entre a duração de crescimento dos grãos e rendimento de grãos usando esse método (Gay et al., 1980; Dunphy et al., 1979; Akhanda et al., 1981; Hanway & Weber, 1971). Nesse sentido, o uso do estádio R5 para estimar o início do crescimento de grãos e o estádio R7 como o final, tem sido apontado por Nelson (1986) como método que fornece razoável estimativa da duração do enchimento de grãos em soja. O EPCG foi significativamente correlacionado com a duração do enchimento dos grãos (estádios R5-R7), e vários pesquisadores têm demonstrado que a duração do período R5-R7 é uma característica hereditária (Hanson, 1985; Metz et al., 1985; Pfeiffer & Egli, 1988).

Fatores como temperatura e fotoperíodo, influenciam a duração de enchimento de grãos. Temperatura de 24/19 a 30/25 °C (dia/noite) durante o crescimento dos grãos não afetaram a data de maturação (Egli & Wardlaw, 1980), entretanto quando foram submetidas a temperatura de 33/28 °C, maturaram mais cedo. Hesketh et al. (1973) encontraram que o número de dias entre o aparecimento das primeiras vagens marrons não foi afetado pela temperatura entre 21 e 30 °C. O fotoperíodo afeta também, os estádios tardios do crescimento reprodutivo. Estudos desenvolvidos por Morandi et al. (1988) apontam que a duração do período de crescimento dos grãos, foi encurtado pelo fotoperíodo curto e, por outro lado tendeu a aumentar esse período com dias longos. O fotoperíodo pode também modificar outros processos fisiológicos durante o crescimento reprodutivo de soja, tais como partição de nitrogênio e de matéria seca, atividade da RUBISCO (Ribulose 1,5 Bis-Fosfato Carboxilase Oxigenase) e sensibilidade à seca (Egli, 1994).

Finalmente, variações na época de semeadura, as quais a cultura de soja está sujeita no Planalto do RS, expõem a cultura a diferentes combinações de fotoperíodo e de temperatura. Essas combinações, provocam reflexos diferenciados entre cultivares, não somente na indução ao florescimento, mas

também na taxa e na duração de crescimento dos grãos. A TCG e o peso das sementes não estão relacionados com a produção de grãos (Hartwig & Edward, 1970; Egli et al., 1989), contudo a DCG é frequentemente associada com a produção de grãos em soja (Smith & Nelson, 1986; Dunphy et al., 1979; Gay et al., 1980; Hanway & Weber, 1971). Dessa forma, o entendimento, do efeito da temperatura e do fotoperíodo na TCG e DCG, nos principais grupos de cultivares em indicação, pode ser fator importante para o manejo dessas cultivares no tempo e no espaço, nos diversos modelos de produção em que a cultura de soja participa.

A maioria dos estudos avaliando o efeito da temperatura e do fotoperíodo na produção de soja, têm sido realizado em ambiente controlado. Poucos estudos têm sido conduzidos para avaliação do efeito concomitante da temperatura e do fotoperíodo, durante o crescimento reprodutivo na produção de grãos de soja. O objetivo desse estudo foi obter informações sobre o efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja.

Metodologia

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97, na área experimental da Embrapa Trigo. Em 1995/96 foi conduzido em Latossolo Vermelho Distrófico típico de textura argilosa, com as seguintes características: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,7$; $\text{pH}_{\text{SMP}} = 5,8$; $\text{Al}^{+++} = 0,05 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{Ca}^{++} = 4,66 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{Mg}^{++} = 3,0 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{P} = 15,5 \text{ mg}/\text{dcm}^3$; $\text{K} = 120 \text{ mg}/\text{dcm}^3$; e $\text{MO} = 26 \text{ g}/\text{dcm}^3$. Em 1996/97 o experimento foi repetido em solo LE com as seguintes características: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,8$; $\text{pH}_{\text{SMP}} = 6,2$; $\text{Al}^{+++} = 0,125 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{Ca}^{++} = 4,1 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{Mg}^{++} = 2,35 \text{ cmol}_e/\text{dcm}^3$; $\text{P} = 22 \text{ mg}/\text{dcm}^3$; $\text{K} = 123 \text{ mg}/\text{dcm}^3$; e $\text{MO} = 22 \text{ g}/\text{dcm}^3$. Foram utilizadas cultivares de soja de hábito de crescimento determinado (Ocepar 14, BR-16 e FT Abyara), indeterminado (FT Cometa, Ocepar 3 e Ocepar 6) e de período juvenil longo (Ocepar 8, Ocepar 9, BR 83147), semeadas em cinco datas. Em 1995/96 as datas de semeadura foram: 17/09, 11/10, 16/11, 12/12 e 05/01; em 1996/97 foram: 18/09, 17/10, 12/11, 17/12 e 17/01, respectivamente. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com inoculante específico, na dose indicada. O ensaio foi estabelecido sob sistema plantio direto, com 300.000 plantas/ha, em espaçamento entre linhas de 0,50 m. Cada unidade experimental foi constituída de oito linhas de 5 m de comprimento; a parcela principal consistiu na época de semeadura, e as subparcelas nas variedades, em três repetições (1995/96) e quatro repetições (1996/97). A adubação de P e K foi efetuada antes da semeadura, conforme indicações técnicas para a cultura de soja (1995/96), usando-se 300 kg/ha de adubo na formulação 0-20-30 (N-P-K). Foi realizada aplicação de inseticida e herbicida para o controle de pragas e plantas indesejadas. No ano de 1995/96, foram realizadas quatro irrigações de 15 mm cada uma, nos meses de dezembro/95 e janeiro/96. Já no ano de 1996/97, nos meses de dezembro/96 e março e abril/97, foram realizadas irrigações de 22 mm, 28 mm e 54 mm, respectivamente.

As informações de temperatura e de fotoperíodo correspondentes aos subperíodos avaliados entre dois estádios de desenvolvimento, foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Trigo, distanciada 100 m do local.

As avaliações de desenvolvimento foram realizadas nos seguintes estádios: 1) Emergência (Em); 2) R2= floração plena; 3) R5= início do crescimento linear de grãos; 4) R7= maturação fisiológica; e 5) R8 = maturação plena, de acordo com Fehr e Calviness (1977).

A partir do estádio fenológico R5 até o estádio R8, foram coletadas duas vezes por semana, amostras de legumes, as quais, após separadas (sementes + legumes), foram secadas em estufa a 60 °C e pesadas para avaliar o acúmulo de massa seca (MS) nos grãos. Com os dados de MS dos grãos foram calculadas a taxa máxima de crescimento e a maturação fisiológica (R7).

Na maturação plena (R8) foram avaliados, em 5 m² de área útil por parcela, o rendimento de grãos (13 % de umidade) e seus componentes.

Resultados e discussão

Duração do crescimento dos grãos

O subperíodo de crescimento de grãos (R5-R7), para as cultivares em estudo, foi reduzido à medida que se atrasou a época de semeadura (tabelas 1, 2 e 3). Essa redução também ocorreu nos demais subperíodos. Contudo, o subperíodo R5-R7 foi menos afetado, comparativamente aos demais subperíodos. Temperatura elevada e fotoperíodo curto, de forma geral, aceleram o desenvolvimento de soja, provocando redução dos subperíodos. Esse efeito, nas condições do estudo, não foi observado na faixa de 19 °C a 23 °C de temperatura média, em que a cultura estava submetida (fig. 1). Em que pese, diferentes parâmetros usados, Hesketh et al.(1973) e Egli e Wardlaw(1980) observaram resultados semelhantes, indicando ausência de efeito da temperatura na faixa de 21 a 30 °C. Analisando o período de crescimento dos grãos(R5-R7) em função do fotoperíodo, observa-se uma associação significativa entre o aumento desse período a medida em que os dias foram se alongando (fig. 2). Estes resultados, também indicam que a duração do subperíodo R5-R7 está mais associada ao efeito do fotoperíodo do que a temperatura, principalmente nas quatro primeiras épocas de semeadura (fig. 2). Estudos, desenvolvidos por Morandi et al.(1988) apontam também o aumento do período de crescimento de grãos com o aumento do comprimento do dia.

A menor redução na duração do subperíodo R5-R7 (tabelas 1,2 e 3), comparativamente aos demais subperíodos, poderia também ser explicada pela ocorrência de temperatura mais baixa nas épocas tardias de semeadura, o que poderia estar amenizando o forte efeito do fotoperíodo (fig.1 e 2). Temperatura média abaixo de 19 °C, de forma geral, parece assumir o controle na duração do período de crescimento de grãos, aumentando esse subperíodo (fig. 1). Dessa forma, apenas nas semeaduras mais tardias (tabelas 4,5 e 6), em que o período de crescimento dos grãos, experimentou temperatura abaixo de 19 °C, a temperatura parece assumir o comando da duração do subperíodo de crescimento de grãos.

Nas condições de cultivo e para as cultivares em estudo, as semeaduras de novembro, outubro e setembro expõem o subperíodo R5-R7 à fotoperíodos mais longos (tabelas 4, 5, e 6) e à temperatura mais elevada, do que as semeaduras efetuadas em dezembro e janeiro.

Tabela 1. Efeito da época de semeadura sobre a duração dos subperíodos de desenvolvimento em três genótipos de soja de hábito de crescimento determinado.

Genótipo	Época**	Subperíodo (dias)							
		Em-R2		R2-R5		R5-R7		Em-R8	
		95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97
Ocepar 14	1	76	70	22	20	52	60	154	153
	2	67	64	20	21	46	42	147	138
	3	60	62	16	16	50	42	137	126
	4	57	52	14	12	48	33	124	104
	5	50	42	13	12	45	44	119	116
	% Redução (*)	34	40	40	40	13	27	22	24
BR-16	Em-R2			R2-R5		R5-R7		Em-R8	
	1	76	70	25	20	57	63	171	157
	2	67	61	20	24	56	53	157	143
	3	63	62	15	21	52	42	140	130
	4	57	50	17	12	42	38	126	108
	5	46	40	13	14	46	41	112	112
% Redução	39	43	48	30	20	35	34	29	
FT Abyara	Em-R2			R2-R5		R5-R7		Em-R8	
	1	76	66	39	45	58	56	185	174
	2	70	74	32	23	58	51	167	153
	3	63	69	27	21	47	40	145	135
	4	62	55	13	16	45	35	127	113
	5	51	45	14	14	43	46	112	112
% Redução	32	32	64	69	25	18	39	36	

*O percentual de redução tem como referencial a primeira e a última época de plantio.

** Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

Tabela 2. Efeito da época de semeadura sobre a duração dos subperíodos de desenvolvimento em três genótipos de soja de hábito de crescimento indeterminado.

Genótipo	Época**	Subperíodo (dias)							
		Em-R2		R2-R5		R5-R7		Em-R8	
		95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97
FT Cometa	1	69	62	19	14	53	63	147	148
	2	55	50	15	14	54	58	129	127
	3	53	51	14	13	42	45	116	115
	4	48	43	9	9	42	33	109	92
	5	42	40	10	5	39	35	101	93
	% Redução (*)	39	35	47	64	26	45	31	37
Ocepar 6	Em-R2			R2-R5		R5-R7		Em-R8	
	1	73	66	28	24	40	58	147	153
	2	66	64	21	18	50	54	150	141
	3	60	62	18	16	48	44	140	126
	4	57	50	14	14	45	33	124	104
	5	50	45	10	9	45	41	114	122
% Redução	31	32	64	62	0	29	24	20	
Ocepar 3	Em-R2			R2-R5		R5-R7		Em-R8	
	1	76	72	27	18	47	60	158	155
	2	66	64	21	21	51	51	150	143
	3	61	62	17	14	48	46	137	125
	4	53	50	18	14	41	33	117	104
	5	52	43	11	11	49	41	118	112
% Redução	31	40	59	47	0	31	26	28	

* O percentual de redução tem como referencial a primeira e a última época de plantio.

** Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

Tabela 3. Efeito da época de semeadura sobre a duração dos subperíodos de desenvolvimento em três genótipos de soja de período juvenil longo

Genótipo	Época**	Subperíodo (dias)							
		Em-R2		R2-R5		R5-R7		Em-R8	
		95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97	95/96	96/97
Ocepar 8	1	87	78	21	22	52	58	171	164
	2	77	74	20	13	55	54	160	148
	3	63	69	20	16	50	42	145	132
	4	62	55	15	14	43	31	127	111
	5	56	47	9	12	46	52	119	126
	% Redução (*)	35	40	57	45	11	10	30	23
Ocepar 9	1	91	86	21	25	52	51	173	167
	2	82	81	20	16	50	48	167	150
	3	74	76	21	14	49	42	152	141
	4	71	64	17	11	42	38	137	127
	5	65	59	12	14	42	-	133	133
	% Redução	28	31	43	44	19	25	23	20
BR 83147	1	87	86	28	27	63	58	185	176
	2	82	78	20	19	58	51	167	153
	3	74	74	16	18	54	40	151	136
	4	67	59	14	14	42	38	137	116
	5	63	49	7	12	44	-	126	126
	% Redução	27	43	75	55	30	34	32	28

* O percentual de redução tem como referencial a primeira e a última época de plantio.

** Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

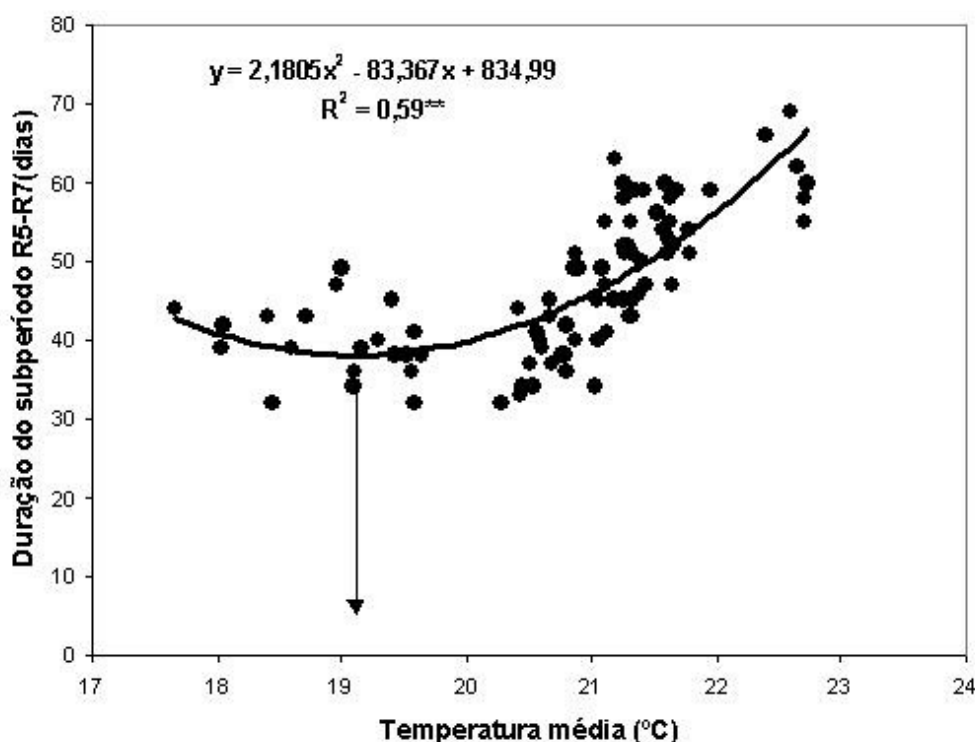


Fig. 1. Efeito da temperatura média na duração do subperíodo R5 – R7, em nove genótipos de soja. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safra de 1995/96 e 1996/97.

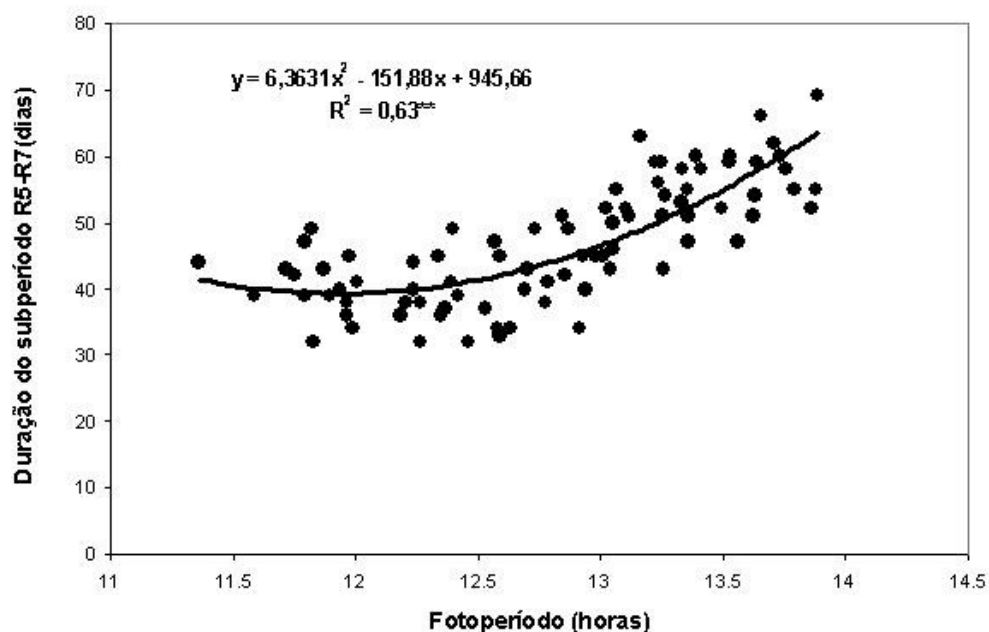


Fig. 2. Efeito do fotoperíodo médio na duração do subperíodo R5 – R7, em nove genótipos de soja. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safras de 1995/96 e 1996/97.

Tabela 4. Médias de temperatura e de fotoperíodo obtidas durante o período de crescimento de grão (R5-R7) em três genótipos de soja de hábito de crescimento determinado.

Genótipo	Época de semeadura*	Ano Agrícola			
		95/96		96/97	
		Temp. (°C)	Fotop. (h)	Temp. (°C)	Fotop. (h)
Ocepar 14	1	21,7	13,6	22,7	13,7
	2	21,3	13,5	21,6	13,4
	3	21,3	13,0	21,3	13,0
	4	20,7	12,3	20,5	12,5
	5	19,3	11,9	18,4	11,9
BR 16	1	21,6	13,5	22,4	13,7
	2	21,3	13,4	21,6	13,3
	3	20,9	12,8	21,1	12,9
	4	20,7	12,4	20,5	12,6
	5	19,4	12,0	19,1	12,0
FT Abyara	1	21,3	13,2	21,4	13,2
	2	21,1	13,1	21,4	13,0
	3	21,2	12,6	20,8	12,8
	4	20,4	12,2	19,6	12,3
	5	19,0	11,8	18,0	11,8

*Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

Tabela 5. Médias de temperatura e de fotoperíodo obtidos durante o período de crescimento de grão (R5-R7) em três genótipos de soja de hábito de crescimento indeterminado.

Genótipo	Época de semeadura*	Ano Agrícola			
		95/96		96/97	
		Temp. (°C)	Fotop. (h)	Temp. (°C)	Fotop. (h)
FT Cometa	1	21,6	13,9	22,6	13,9
	2	21,7	13,9	22,7	13,8
	3	21,3	13,3	21,7	13,4
	4	21,1	12,8	21,0	12,9
	5	20,8	12,3	19,6	12,3
Ocepar 6	1	21,8	13,6	22,6	13,7
	2	21,4	13,6	21,6	13,3
	3	21,0	12,9	21,3	13,0
	4	20,6	12,4	20,4	12,6
	5	19,6	12,0	19,1	12,0
Ocepar 3	1	21,8	13,6	22,7	13,8
	2	21,3	13,5	21,6	13,3
	3	20,9	12,9	21,4	13,0
	4	20,6	12,4	20,4	12,6
	5	19,0	11,8	19,1	12,0

* Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

Tabela 6. Médias de temperatura e de fotoperíodo obtidos durante o período de crescimento de grão (R5-R7) em três genótipos de soja de período juvenil longo.

Genótipo	Época de semeadura*	Ano Agrícola			
		95/96		96/97	
		Temp. (°C)	Fotop. (h)	Temp. (°C)	Fotop. (h)
Ocepar 8	1	21,3	13,4	21,9	13,5
	2	21,3	13,3	21,6	13,3
	3	21,1	12,7	20,8	12,9
	4	20,9	12,2	20,3	12,5
	5	19,2	11,9	18,0	11,8
Ocepar 9	1	21,3	13,4	21,6	13,3
	2	21,3	13,1	21,4	13,0
	3	20,8	12,4	20,7	12,7
	4	19,4	12,0	19,6	12,2
	5	18,6	11,6	17,7	11,4
BR 83147	1	21,2	13,2	21,5	13,2
	2	21,3	13,1	21,3	13,0
	3	21,1	12,6	20,6	12,7
	4	20,8	12,2	19,5	12,3
	5	18,7	11,7	18,4	11,8

* Épocas de semeadura: Na safra 95/96 foram, 1(17/09); 2(11/10); 3(16/11); 4(12/12) e 5(05/01) e na safra 96/97 foram 1(18/09); 2(17/10); 3(12/11); 4(17/12) e 5(17/01).

As semeaduras tardias reduzem a duração de todos os subperíodos, principalmente a Em-R2, indicando que o crescimento reprodutivo parece ser mais importante na determinação do rendimento do que o período total de crescimento. Nessa situação, deve-se perseguir o ajustamento da data de semeadura para que o período de crescimento de grãos tenha condições ótimas, o que ocorre durante os meses de janeiro e fevereiro.

Diferentemente de alguns estudos (Gay et al., 1980; Dunphy et al., 1979; Akhanda et al., 1981; Hanway e Weber, 1971) o rendimento de grãos das cultivares, nos dois anos de observação, não evidenciou associação muito forte com a duração do crescimento dos grãos (R5-R7). Tal comportamento, poderia ser atribuído aos resultados obtidos nas semeaduras mais precoces (setembro e outubro), em que a duração do subperíodo R5-R7 foi a mais longa e o rendimento de grãos foi reduzido (fig. 3, 4 e 5). Esse descompasso, entre rendimento de grãos e a duração do subperíodo (R5-R7) nas semeaduras de setembro e outubro, foi mais intenso nas cultivares com hábito de crescimento indeterminado e determinado (tabela 7). Tal comportamento, nas cultivares indeterminadas e determinadas, poderia ser atribuído às mesmas condições de cultivo (densidade x espaçamento), que foram submetidas as cultivares nas diferentes épocas de semeadura. Nessas condições, tais variações de temperatura e de fotoperíodo nas diferentes épocas, poderiam ter condicionado o baixo índice de área foliar (IAF) nas semeaduras de setembro e outubro, principalmente nas cultivares precoces, explicando o baixo rendimento de grãos. Por outro lado, nas cultivares com período juvenil longo esse descompasso não foi significativo (fig. 4 e 5), pois se observou uma associação significativa entre a duração do período (R5-R7) e o rendimento de grãos (tabela 7).

Tabela 7. Coeficiente de correlação entre o rendimento de grãos e duração do período R5-R7 das cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, indeterminado e período juvenil longo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safra de 1995/96 e 1996/97.

Ano agrícola	Cultivar		
	Determinada	Indeterminada	Juvenil
	R ²		
1995/96	0,23	- 0,008	0,62**
1996/97	0,17	0,20	0,40**

** Nível de significância de 1%

De forma geral, o aumento no período de crescimento de grãos (R5-R7) esteve mais relacionado com o número de grãos/m² e, conseqüentemente ao rendimento de grãos (fig. 6), refletindo a importância do número de destinos reprodutivos no rendimento final. Dessa forma, o aumento do subperíodo R5-R7 associado ao aumento no número de grãos/m² poderia se constituir em parâmetro de auxílio ao melhoramento para a seleção.

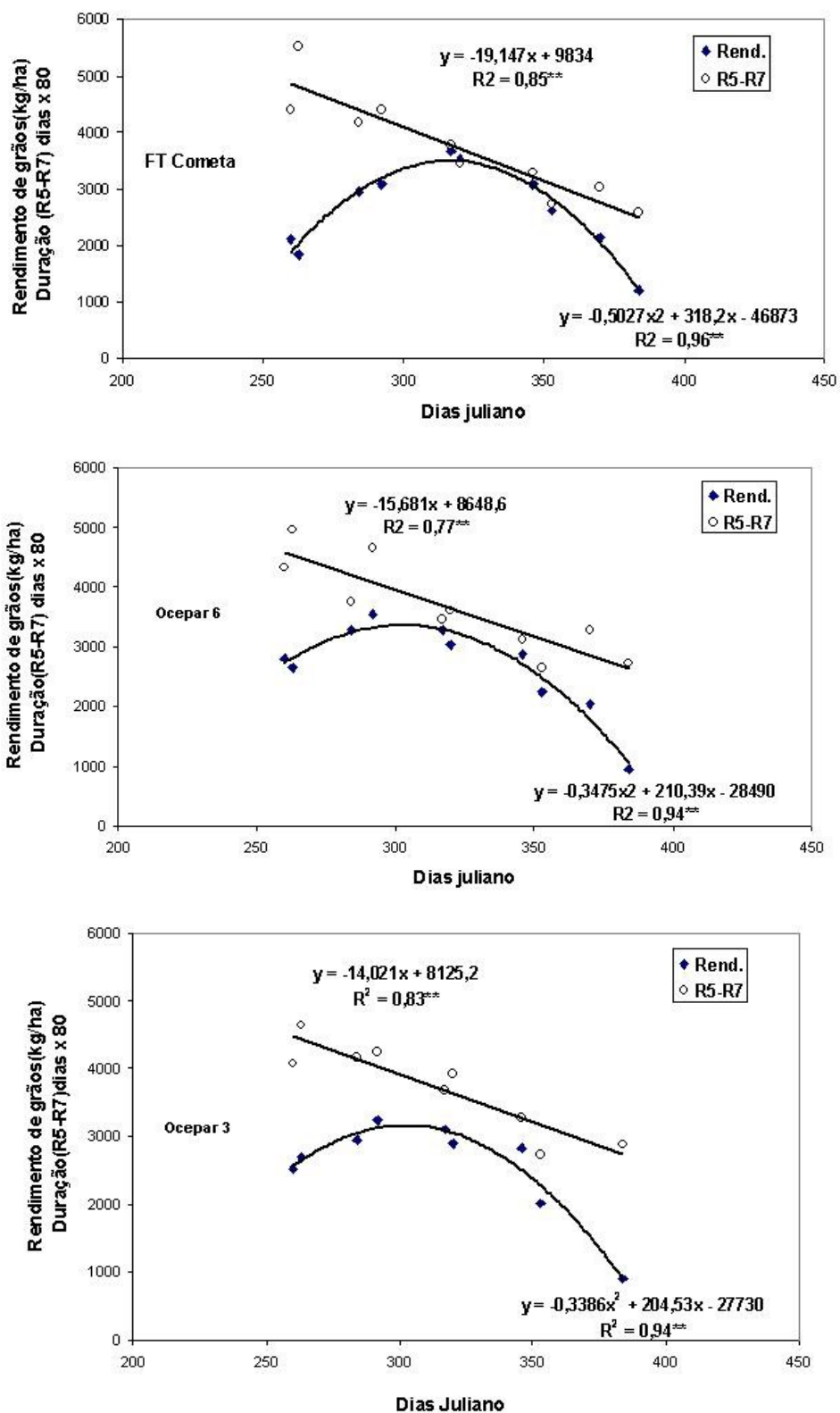


Fig. 3. Rendimento de grãos e duração do subperíodo R5-R7 de genótipos de soja com hábito de crescimento indeterminado em função da época de semeadura. Embrapa Trigo. Dados obtidos na safra de 1995/96 e 1996/97.

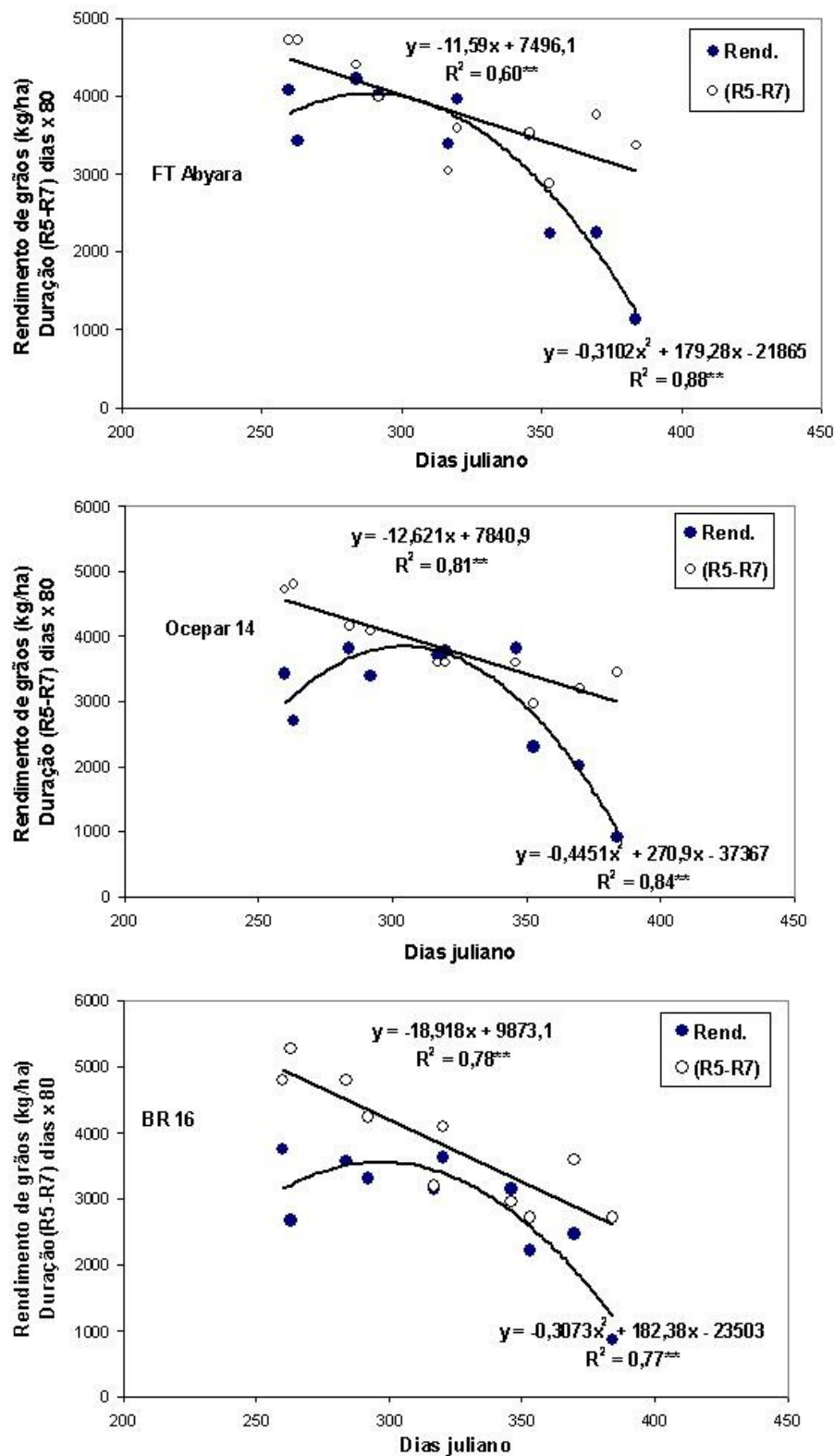


Fig. 4. Rendimento de grãos e duração do subperíodo R5-R7 de genótipos de soja com hábito de crescimento determinado em função da época de semeadura. Embrapa Trigo. Dados obtidos na safra de 1995/96 e 1996/97.

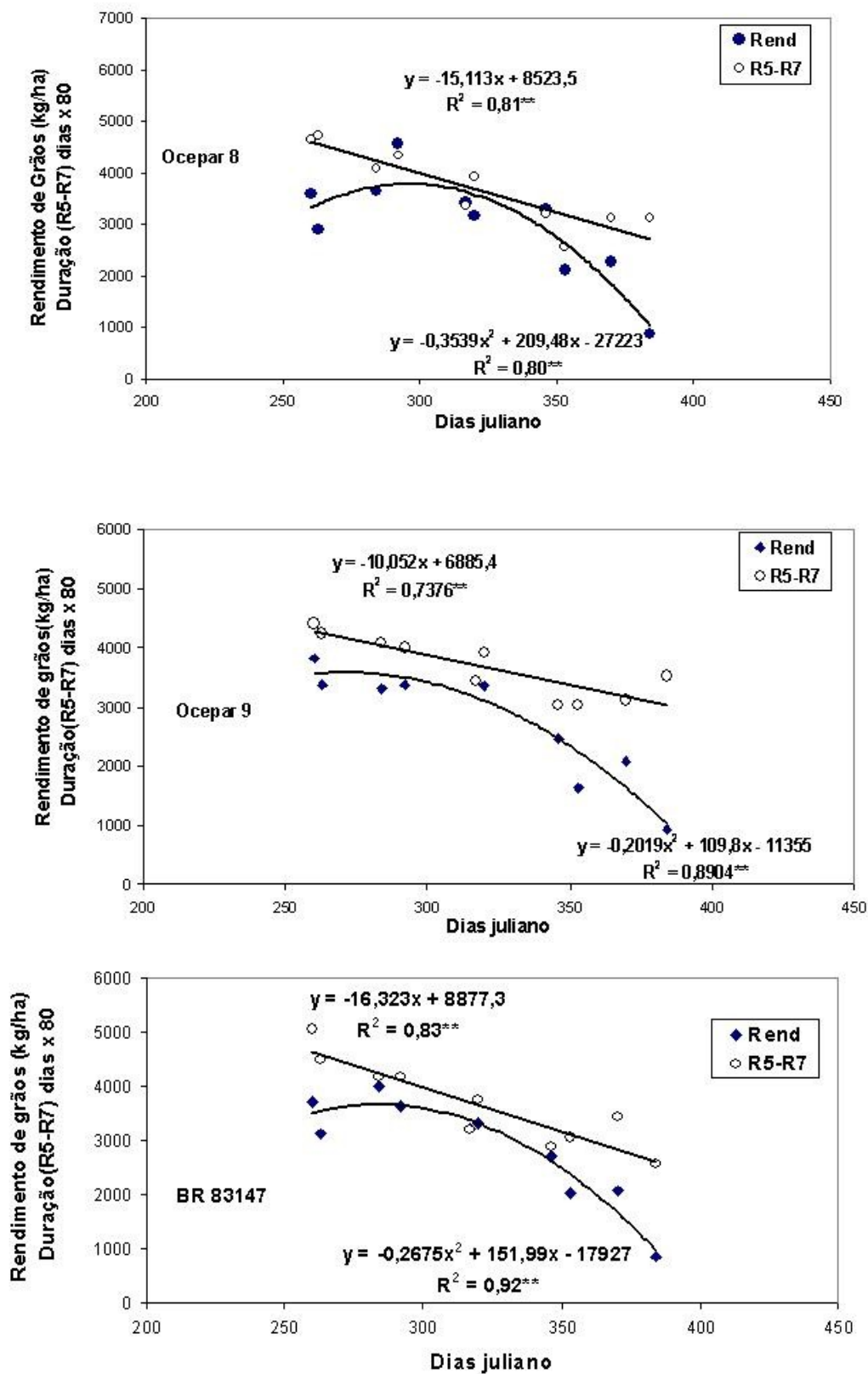


Fig. 5. Rendimento de grãos e duração do subperíodo R5-R7 de genótipos de soja com período juvenil longo em função da época de semeadura. Embrapa Trigo. Dados obtidos na safra de 1995/96 e 1996/97.

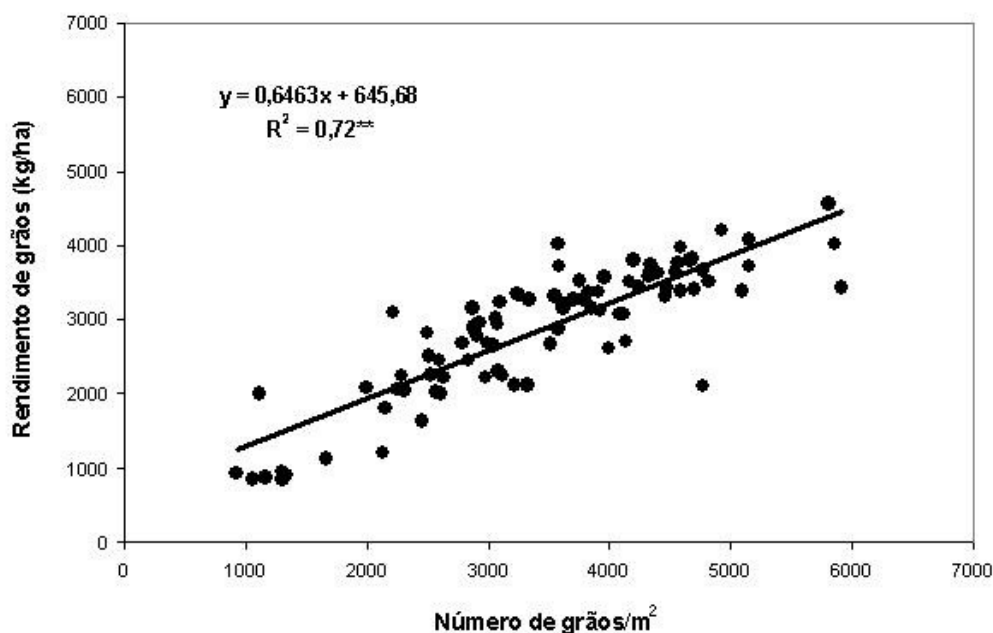


Fig. 6. Relação entre número de grãos/m² e rendimento de grãos (kg/ha). Os dados representam nove genótipos de soja. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safras de 1995/96 e 1996/97.

Considerando apenas o desempenho produtivo das cultivares estudadas, observa-se que nas épocas precoces a indicação de semeadura de cultivares tardias (p.ex. FT Abyara) e juvenis (p.ex BR 83147) seria mais adequado. Por outro lado, observou-se que a utilização de cultivares precoces (p.ex. FT Cometa) em épocas precoces, proporcionou baixo desempenho produtivo, apesar da maior duração do período R5-R7. Nessa condição, tal desempenho produtivo poderia ser melhorado através de uma melhor redistribuição de plantas no espaço (densidade x espaçamento) de forma a obter maior unidade de captação de radiação (IAF em R1), melhorando assim a geração de destinos reprodutivos.

Taxa de crescimento de grãos (TCG)

Considerando o efeito do fotoperíodo na taxa de crescimento de grãos, observou-se que, com o encurtamento do fotoperíodo, a taxa de crescimento aumentou, principalmente nas cultivares de hábito determinado e de período juvenil longo (fig. 7 e 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Raper e Thomas (1978) e Morandi et al. (1988 e 1990). Nas cultivares indeterminadas observou-se menor resposta da taxa de crescimento de grãos em função do fotoperíodo (fig. 9).

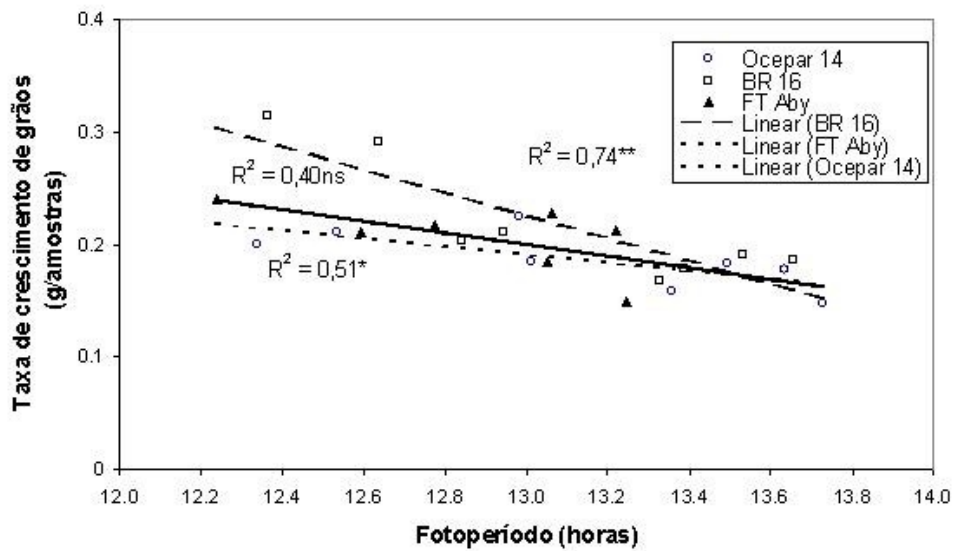


Fig. 7. Efeito do fotoperíodo na taxa de crescimento dos grãos de soja, em genótipos de hábito de crescimento determinado. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safras de 1995/96 e 1996/97.

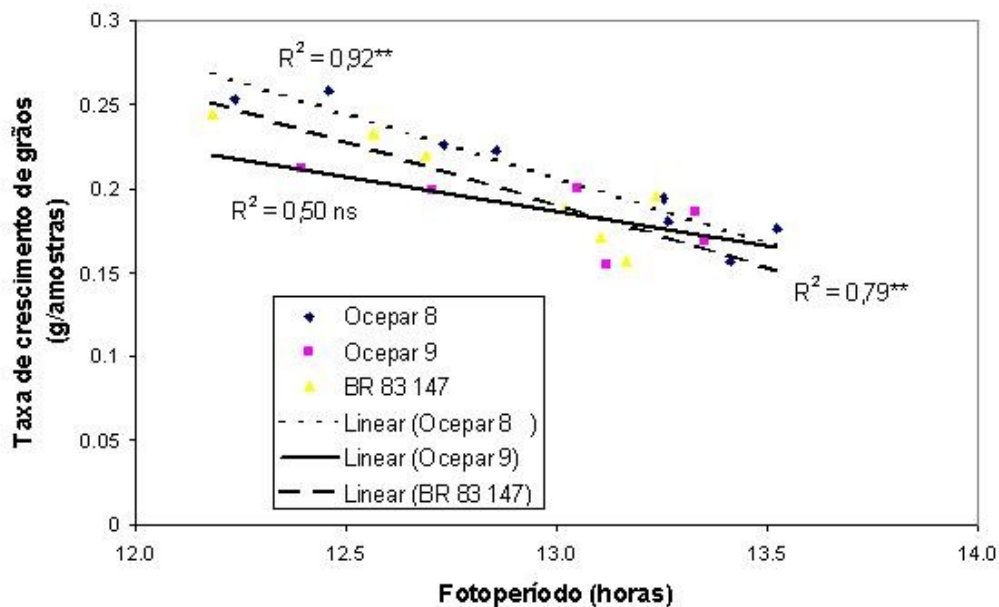


Fig. 8. Efeito do fotoperíodo na taxa de crescimento de grãos de soja, em genótipos de período juvenil longo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safras de 1995/96 e 1996/97.

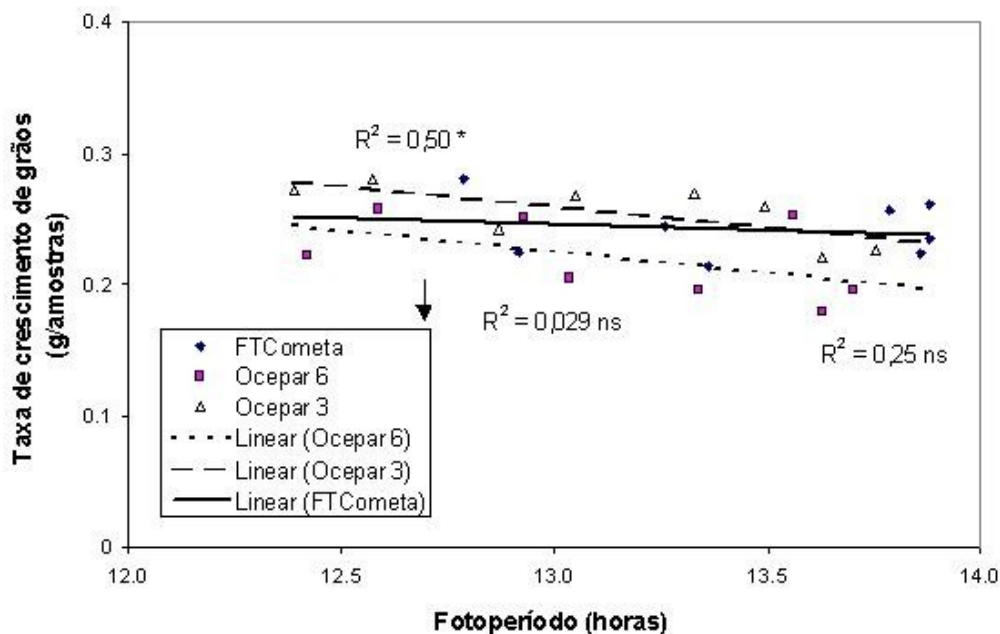


Fig. 9. Efeito do fotoperíodo na taxa de crescimento de grãos de soja, em genótipos de hábito de crescimento indeterminado. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Safras de 1995/96 e 1996/97.

O aumento da TCG foi compensado pelo encurtamento do subperíodo à medida que se atrasou a semeadura (fig. 10). Esse comportamento ocorreu até a quarta época de semeadura, de forma geral. Na quinta época, o valor da TCG diminuiu, atingindo seu valor mínimo. Essa redução parece indicar o efeito da temperatura na taxa fotossintética, provocando redução na disponibilidade de fotoassimilados.

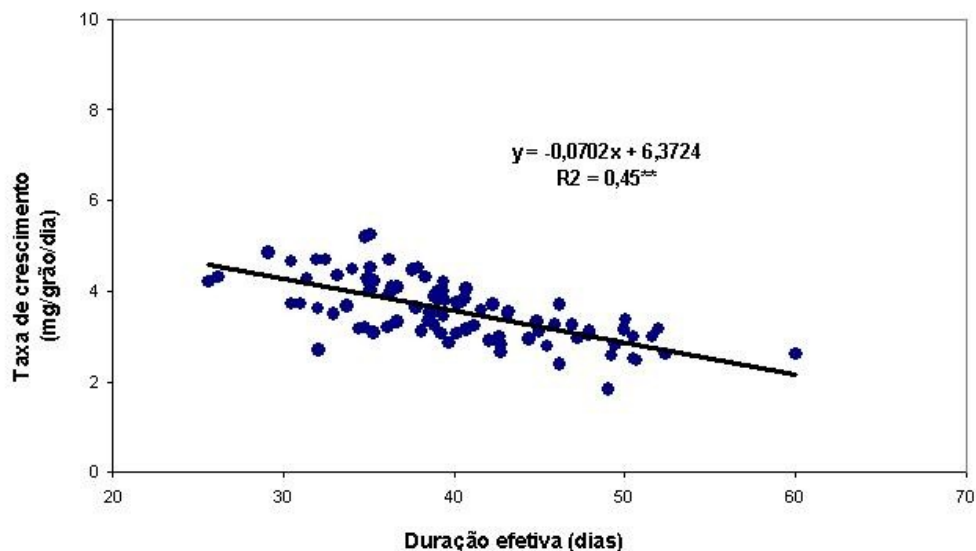


Fig. 10. Relação entre taxa e duração efetiva do crescimento de grãos de soja de nove genótipos de soja, nas safras de 1995/96 e 1996/97. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Com relação ao efeito da temperatura na TCG, não se observou associação significativa entre essas duas variáveis, em uma faixa de temperatura entre 18 a 23 °C nas condições do estudo. Resultados semelhantes foram observados por Egli e Wardlaw (1980) em experimentos em ambiente controlado em que a taxa de crescimento se manteve constante quando a temperatura (dia/noite) variou de 24/19 a 30/25 °C, mas foi menor a 18/13 e 33/28 °C.

A taxa de crescimento de grãos esteve positivamente associada ao seu peso de grãos ($R^2 = 0,33^{***}$) (fig. 11), nos 9 genótipos estudados, nos dois anos. Apesar disso, essa associação foi baixa, refletindo a variabilidade genotípica inerente ao estudo.

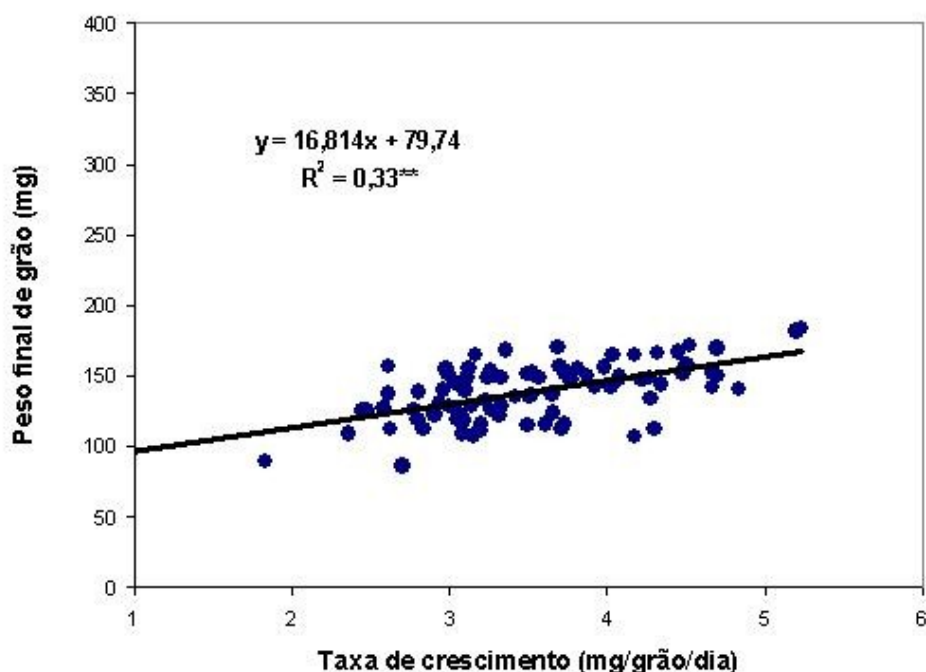


Fig. 11. Relação entre o peso final e taxa de crescimento de grãos de nove genótipos de soja, avaliados nas safras de 1995/96 e 1996/97. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Considerando que o rendimento de grãos não esteve associado a TCG, mas esteve mais associado a duração do subperíodo de crescimento dos grãos e, conseqüentemente ao número de grãos/m². Então, a seleção para grãos maiores pode levar ao aumento da TCG e conseqüentemente ao encurtamento do período de crescimento dos grãos, levando à redução no número de grãos/m². Assim, a seleção de grãos maiores, os quais são maiores porque possuem maior período de crescimento, poderia não causar mudanças compensatórias no número de grãos/m² e, conseqüentemente, aumentaria a produção.

Conclusões

1. A duração do subperíodo R5-R7 está associada ao fotoperíodo, principalmente nas quatro primeiras épocas de semeadura.
2. A taxa de crescimento de grãos (TCG), aumenta à medida que a duração do subperíodo R5-R7 foi reduzida. O atraso na época de semeadura exerce um efeito tamponante no peso de grãos.
3. Temperatura elevada e fotoperíodo curto, de forma geral, aceleram o desenvolvimento, provocando redução dos subperíodos. Com o encurtamento do fotoperíodo, a TCG aumenta em cultivares de hábito de crescimento determinado e de período juvenil longo.
4. O aumento no período de crescimento dos grãos R5-R7 está mais associado ao número de grãos/m². O aumento desse período associado ao aumento do número de grãos/m² pode se constituir em parâmetro para auxiliar o melhorista na seleção.
5. A redução do rendimento de grãos, principalmente nas semeaduras nos meses de dezembro e janeiro, não esteve associada à redução do peso de grãos e sim pela redução do número de destinos reprodutivos.
6. A associação da TCG e peso de grãos foi baixa, refletindo a variabilidade genotípica inerente ao estudo. A TCG não está associada ao rendimento de grãos.

Referências bibliográficas

- AKHANDA, A. M.; PRINE, G. M.; GREEN, V. E.; HINSON, K. Phenology and correlation of growth phases in late planted soybeans in Florida, USA. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 51, p. 214-220, 1981.
- BARNI, N. A.; GOMES, J. E. de S.; HILGERT, E. R.; ZANOTELLI, V. Épocas de semeadura de cultivares de soja para o Rio Grande do Sul. **Ipagro Informa**, v. 28, p. 25-30, set. 1985.
- BERLATO, M.; WESTPHALEN, S. Resultados preliminares do ensaio ecológico de soja: período 1967/68 – 1970/71. In: REUNIÃO DA COMISSÃO TÉCNICA DA SOJA, 15., 1971, Porto Alegre. **Súmula dos trabalhos fitotécnicos na cultura da soja**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1971. p. 87-122.
- BOARD, J. E.; HALL, W. Premature flowering in soybean yield reductions at nonoptimal planting dates as influenced by temperature and photoperiod. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 700-704, 1984.
- BOARD, J. E.; SETTIMI, J. R. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, v. 78, p. 995-1002, 1986.
- BONATO, E. R.; BERTAGNOLLI, P. F.; IGNAZACK, J. C.; TRAGNAGO, J. L.; RUBIN, S. de A. L. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de

semeadura, no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 879-884, jun. 1998.

CAFFARO, S. V.; MARTIGNONE, R. A.; TORRES, R.; NAKAYAMA, F. Photoperiod regulation of vegetative growth and meristem behavior toward flower initiation of an indeterminate soybean. **Botanical Gazette**, v. 149, p. 311-316, 1988.

DAYNARD, T. B.; TANNER, J. W.; DUNCAN, W. G. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. **Crop Science**, v. 11, p. 45-48, 1971.

DUNPHY, E. J.; HANWAY, J. J.; GREEN, D. E. Soybean yields in relation to days between specific developmental stages. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 917-920, 1979.

EGLI, D. B.; WARDLAW, I. F. Temperature response of seed growth characteristic of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 560-564, 1980.

EGLI, D. B. Seed growth and development. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA - CSSA - SSSA, 1994. p. 127-148.

EGLI, D. B.; FRASER, J.; LEGGETT, J. E.; PONELEIT, C. G. Control of seed growth in soybeans. **Annals of Botany**, v. 48, p. 171-176, 1981.

EGLI, D. B.; GUFFY, R. D.; MECKEL, L. W.; LEGGETT, J. E. The effect of source-sink alterations on soybean seed growth. **Annals of Botany**, v. 55, p. 395-402, 1985.

EGLI, D. B.; ORF, J. H.; PFEIFFER, T. W. Genotypic variation for duration of seedfill in soybean. **Crop Science**, v. 24, p. 577-592, 1984.

EGLI, D. B.; RAMSEUR, E. L.; ZHEN-WEN, Y.; SULLIVAN, C. H. Source-sink alterations affect the number of cells in soybean cotyledons. **Crop Science**, v. 29, p. 732-735, 1989.

FEHR, W. R.; CALVINNESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University - Agricultural Experiment Station, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

GAY, S.; EGLI, D. B.; REICOSKIY, D. A. Physiological basis of yield improvement in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 387-391, 1980.

HANSON, W. D. Association of seed yield with partitioned lengths of the reproductive period in soybean genotypes. **Crop Science**, v. 25, p. 525-529, 1985.

HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. Dry matter accumulation in eight soybean varieties. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 227-230, 1971.

HARTWIG, E. E.; EDWARD, C. J. Effects of morphological characteristics upon seed yield. **Agronomy Journal**, v. 62, p. 64-65, 1970.

HESKETH, J. D.; MYHRE, D. L.; WILLEY, C. R. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. **Crop Science**, v. 13, p. 250-254, 1973.

- METZ, G. L.; GREEN, D. E.; SHIBLES, R. M. Reproductive duration and date of maturity in populations of three wide soybean crosses. **Crop Science**, v. 25, p. 171-176, 1985.
- MORANDI, E. N.; CASANO, L. M.; REGGIARDO, L. M. Pos-flowering photoperiodic effect on reproductive efficiency and seed growth in soybean. **Field Crop Research**, v. 18, p. 227-241, 1988.
- MORANDI, E. N.; SCHUSSLER, J. R.; BRENNER, M. L. Photoperiodically induced changes in seed growth rate of soybean as related to endogenous concentrations of ABA sucrose in seed tissues. **Annals of Botany**, v. 66, p. 605-611, 1990.
- MOTA, F. S. da M.; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. C.; MOTTA, W. A.; WESTPHALEN, S. L. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. 122 p. (IPEAS. Circular, 50).
- PFEIFFER, T. W.; EGLI, D. B. Heritability of seed filling period estimates in soybean. **Crop Science**, v. 28, p. 921-925, 1988.
- NELSON, R. L. Defining the seed-filling period in soybean in soybeans to predict yield. *Crop science*, v. 26, p. 132-135, 1986.
- RAPER, C. D.; THOMAS, J. F. Photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. *Crop Science*, v. 18, p. 654-656, 1978.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 23., 1995, Porto Alegre, RS. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina – safra 1995/96**. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia, 1995. 80 p.
- SANTOS, H. P. S.; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 519-526, 1999.
- SMITH, J. R.; NELSON, R. L. Relationship between seed-filling period and yield among soybean breeding lines. **Crop Science**, v. 26, p. 469-472, 1986.
- SWANK, J. C.; EGLI, D. B.; PFEIFFER, T. W. Seed growth characteristic of soybean genotypes differing in duration of seed fill. **Crop Science**, v. 27, p. 85-89, 1987.
- THOMAS, J.F.; RAPER, C.D.(Jr.) Photoperiod and temperature regulation of floral initiation and anthesis in soybean. **Annual Botany**, v.51,p. 480-489, 1983.
- THORNE, J. H. Temperature and oxygen effects on C-photosynthate unloading and accumulation in developing soybean seeds. **Plant Physiology**, v. 69, p. 48-53, 1982.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; TEIXEIRA, M. C.;
GUARESCHI, R. **Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na
taxa de crescimento de grãos de soja.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28
p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 35).
Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp35.htm