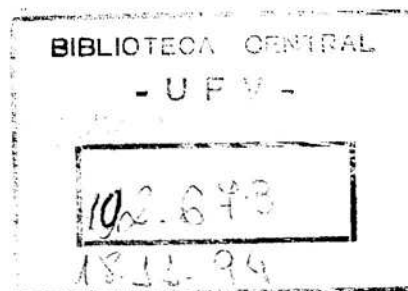


MARCOS ANTONIO VANDERLEI SILVA

ANÁLISE DE CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E EFICIÊNCIA
DO USO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA DOIS CULTIVARES DE MILHO

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".



DOADO

UFV	BIBLIOTECA	BBT	0390	RG000513570
	CLASSIFICACAO	T 633.15 / S586a		
TITULO				
Analise de crescimento, desenvolvimento e				
				
102673 BBT				

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
FEVEREIRO - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S586a

1995

Silva, Marcos Antonio Vanderlei, 1966-
Análise de crescimento, desenvolvimento e eficiência do uso da radiação solar para dois cultivares de milho/ Marcos Antonio Vanderlei Silva. - Viçosa : UFV, 1995.
63p. : il.

Orientador: José Maria Nogueira da Costa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

1. Milho - Cultura. 2. Milho - Crescimento - Efeito da radiação solar. 3. Milho - Conversão da energia solar. 4. Microclimatologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD. 18. ed. 633.15

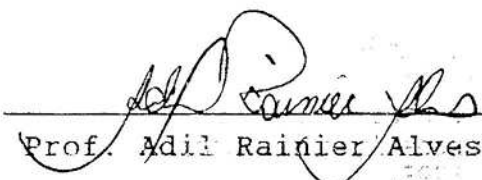
CDD. 19. ed. 633.15

MARCOS ANTONIO VANDERLEI SILVA

ANÁLISE DE CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E EFICIÊNCIA
DO USO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA DOIS CULTIVARES DE MILHO

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".

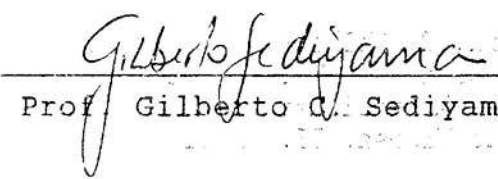
APROVADA: 24 de junho de 1994.



Prof. Adil Rainier Alves



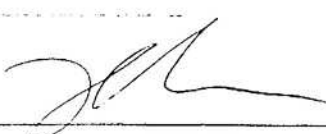
Dr. Luiz Marcelo Aguiar Sans



Prof. Gilberto C. Sedyama



Prof. Marcos Heil Costa



Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

Ao meu SENHOR e SALVADOR Jesus Cristo, por todos os sofrimentos que passou e está passando por mim (acima de tudo);

Aos meus pais, Valcário Silva e Fernandina Vanderlei Silva (mulher da minha vida), pelos conselhos e pela educação, até hoje, retidos por mim;

Aos meus irmãos, Carla, Léa, Júnior, Cuca, Tico e Zélia, por serem fiéis à nossa irmandade;

Aos meus amigos e primos, Almira, Ângela, Belinda, Audrin, Charliton Fergo, Cloves Paz, Davijour Lucena, Gamaliel, José Augusto, "Lis" Manuel, Luciana, Maria Alice, Pastor Moranguinho, Peu (Billy Ganso), Sávio Mascarenhas e Toni, por serem meus fidedignos amigos;

A minha filha na fé, Ana Lúcia, que conseguiu, por meio de Jesus, o que mais queria;

Com todo o meu amor, OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece, de modo geral, a todos os que contribuíram para a execução deste trabalho.

Agradecimentos específicos são devidos ao Professor José Maria N. da Costa e ao Pesquisador Luís Marcelo A. Sans, pela segura orientação que redundou no aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradecimentos pelas sugestões são devidos ao Professor Adil Rainier Alves, aos Pesquisadores da EMBRAPA Malaquias da Silva Amorim Neto, Gonçalo, Reinaldo Gomide, Antonio Bahia e Ivan Cruz e ao Doutorando em Fisiologia Vegetal (UFV), Marcos Bacarin.

Agradecimentos especiais são devidos à EMBRAPA/CNPMS, pelo fornecimento das condições para o desenvolvimento deste trabalho; à CAPES, pela concessão da Bolsa de Estudo e ao Curso de Meteorologia Agrícola-UFV, pela oportunidade oferecida.

Agradecimentos pela valiosa colaboração são devidos à equipe de campo, Antonio, Kleber, Nelson (Sr. Teté), Robson, Ronaldo, Vilmar (Barão), e às funcionárias da Biblioteca da EMBRAPA/CNPMS, Vânia, Conceição e Teresa.

Agradecimentos pela amizade e incentivo recebidos são devidos aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, Cecília, Dirceu Coelho, Gilberto Sediya, Hélio Alves, Marcos Heil, Sérgio Zolnier; às Secretárias do DEA, Edna e Fernanda (pela paciência); aos colegas de Turma, Arildo e Cássia, Cláudia da Matta, Célia, Emixcel, Francis, Gunter, Jackeline, João Batista, José Coelho, Marco Aurélio, Raimunda, Silvando, Valéria, Williams e Zezeca; à Marisa e Dona Didi (pelo contínuo apoio logístico: doméstico e substituição da minha mãe, respectivamente); aos torcedores de P.A., Abraão, Gorette Moreira, Magna e Paulo Sérgio; aos paraibanos, Adailson, Aldo e Paula, Cícero, Márcio, Ronaldo e Silvania (pelo apoio inicial); à Turma da EMBRAPA, Brandão, César (J. Branco), Dermevier, D. Lôla, D. Biela, Josy, Juvenal, Juqueta, Mauricinho, Paulo Matambre, Suellen, Tânia, Teresa, Valéria, Valter; à Primeira Igreja Batista de Viçosa (pela acolhida); às famílias, Ir. André e Nelma, Lucas Levindo e Ivone, Irmã Ilda, Irineu e Eunice, Jason e Nelsa, Pastor Atílio e Sandra, Pastor Marcelo e Ângela, Pastor Sinésio e Elsa, Paulo e Lúcia; a "minha" Mocidade Batista e aos meus irmãos em Cristo, Alessandro, Ana Lúcia, Aziel Brito, Celina, Cristiane Coelho, "Cris" Baiana, Daniel e Patrícia, Delon, Helder, Ilka e Mariana, "Ligth&Sea" (Luzimar), Néia, Niltinho Bolota, Malet, Maysa, Mauro

(Companheiro de Serenatas), Moacyr (orador final), Ordália, Patrícia (Maranata), Ronan, Soraia etc.; à Galera da República, Sandro, Flávio e Danyel.

Ao Lucio Gonçalves Coimbra, pela arte final da tese, e ao Elias Charbil Abdou Obeid, pela correção lingüística da mesma e pelo bom papo.

"É claro, irmãos, que eu não penso que já consegui me tornar perfeito. Porém uma coisa faço: esqueço aquilo que fica para trás e avanço para o que está em minha frente, corro direto para a meta a fim de conseguir o prêmio da vitória. Esse prêmio é a nova vida para qual Deus me chamou por meio de JESUS".

(Filipenses 3:12-14)

BIOGRAFIA

Marcos Antonio Vanderlei Silva, filho de ValcÍrio Silva e Fernandina Vanderlei Silva, nasceu no dia 7 de setembro de 1966, em Paulo Afonso, no Estado da Bahia. Em 1983, concluiu o curso Técnico em Agropecuária pelo COLEPA (Escola Rural/CHESF). Iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica no Centro de Ciências Agrárias-UFPb, em 1986, concluindo-o em outubro de 1990. No segundo semestre de 1991, ingressou no Curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo a tese em 24 de junho de 1994.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Relações Entre Fenologia e Graus-Dias	4
2.2. Análise de Crescimento	6
2.3. Crescimento de Plantas e Eficiência do Uso da Radiação	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. Área Experimental	11
3.2. Preparo do Solo e Plantio	12
3.3. Instrumentação	15
3.4. Características Agronômicas	17
3.5. Análise de Crescimento	17
3.6. Radiação Solar Global Incidente (RS) e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)	20

3.7. Eficiência do Uso da Radiação (EUR).....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1. Condições Meteorológicas Durante o Período Experimental	22
4.2. Características Agronômicas	24
4.3. Relações Fenológicas Entre Estádios de Desenvolvimento, Dias Após a Emergência (DAE) e Graus-Dias	27
4.4. Análise de Crescimento	31
4.4.1. Matéria Seca Total	33
4.4.2. Índices Fisiológicos	34
4.5. Albedo dos Cultivares BR 201 e BR 206	43
4.6. Radiação Fotossinteticamente Ativa Interceptada (RFAI) e Eficiência do Uso da Radiação (EUR) ..	48
5. RESUMOS E CONCLUSÕES	55
BIBLIOGRAFIA.....	58

EXTRATO

SILVA, Marcos Antonio Vanderlei, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 1995. Análise de Crescimento, Desenvolvimento e Eficiência do Uso da Radiação Solar para Dois Cultivares de Milho. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Conselheiros: Adil Rainier Alves e Luís Marcelo Aguiar Sans.

Procedeu-se a uma análise comparativa do crescimento e do desenvolvimento dos híbridos de milho BR 201 e BR 206, durante o período de 02/06 a 02/11, no CNPMS-EMBRAPA, Sete Lagoas, Minas Gerais. A duração do ciclo da cultura foi de 142 dias, para o BR 201, e de 143 dias, para o BR 206. Os valores de acúmulo de matéria seca e índice de área foliar apresentaram tendência de variação semelhante para ambos os híbridos. O híbrido BR 206 foi, em geral, mais precoce do que o BR 201, em termos de taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo e taxa de crescimento da cultura. Os valores dessas taxas foram superiores para o BR 206 no período vegetativo, decrescendo a partir do período reprodutivo, em que o BR 201 apresentou maiores valores,

predominando até a maturação fisiológica. O albedo apresentou dependência do ângulo de elevação solar, sendo menor próximo ao meio dia e máximo no início da manhã e final da tarde. A influência da nebulosidade no albedo médio não foi estatisticamente significativa, tendo-se obtido os valores de 0,17 a 0,18, para ambos os híbridos. A maior percentagem da radiação fotossinteticamente ativa, aproximadamente 90%, foi observada ao nível do solo, para ambos os híbridos, coincidindo com a mesma época de máximo índice de área foliar. A eficiência do uso da radiação solar global foi determinada pela razão entre a taxa de crescimento da cultura e a radiação solar incidente, no mesmo período, tendo o BR 201 alcançado uma eficiência média maior, com 0,81 g/MJ, em relação ao BR 206, que obteve 0,60 g/MJ, durante o período de enchimento de grãos. Foi encontrada uma eficiência do uso da radiação global média, para produção de grãos, de 1,19 g/MJ, para o BR 201, que foi superior à obtida pelo BR 206, 1,12 g/MJ.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa uma área cultivada no Brasil de 13.131.492 ha, apresentando uma produtividade média nacional de 2.500 kg/ha (IBGE, 1991). Apesar de ser bastante difundida no Brasil, a produtividade média do milho ainda é bem inferior à obtida nos Estados Unidos e na Europa. As elevadas produtividades observadas nesses países é consequência de um intenso programa de pesquisa agrônomo, associado às condições agrometeorológicas durante o ciclo da cultura, contribuindo para melhor compreensão das respostas da cultura ao seu ambiente.

A produtividade de uma cultura, em termos de crescimento e desenvolvimento, é complexa, pois envolve o efeito de fatores externos nos processos fisiológicos, interrelação de diferentes processos planta/ambiente e sua dependência dos fatores internos, determinados pela constituição genética da planta. Para se obter melhor compreensão da natureza dos controles internos do cultivar,

necessita-se de medições mais detalhadas, além da produção final. Tal conhecimento é fundamental, também, para o desenvolvimento e teste de modelos de simulação de crescimento e produção de uma cultura. A análise de crescimento é um método que segue a dinâmica da produção fotossintética, sendo um excelente meio para se comparar diferentes genótipos (LOPES, 1976).

A caracterização do aproveitamento da radiação solar pelo milho, decorrente de sua arquitetura, é de grande utilidade no melhoramento genético de cultivares altamente produtivos. Segundo SANTOS et al. (1976), a distribuição das folhas no dossel vegetativo varia com o estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura, acarretando variações na distribuição vertical da radiação, no interior da cobertura vegetal, e, conseqüentemente, afetando a eficiência fotossintética e o crescimento.

Vários trabalhos indicam que a fotossíntese e a produção da cultura, em condições de campo, são limitadas pela quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela planta (DOMENACK, 1980). Segundo CHARLES-EDWARDS et al. (1986), o crescimento das plantas é influenciado por vários fatores, destacando-se, especialmente, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel e a eficiência de uso da radiação.

Embora o conhecimento da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e de sua distribuição no dossel vegetativo constituam parâmetros primordiais para a produtividade da cultura, há grande carência desse tipo de estudo no Brasil.

Procedeu-se, neste trabalho, a uma avaliação comparativa entre os híbridos de milho BR 201 e BR 206, enfocando-se os seguintes pontos:

- análise do crescimento e do desenvolvimento desses cultivares desde a emergência até a maturação; e
- caracterização do albedo da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e da eficiência do uso da radiação solar, para ambos os cultivares.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Relações Entre Fenologia e Graus-Dias

A utilização da temperatura do ar, em modelos fenológicos, é de grande interesse prático na agricultura, ao auxiliar na tomada de decisões, quanto à seleção de regiões para uma determinada cultura e na recomendação de práticas culturais mais adequadas. Várias aplicações das relações entre graus-dias e fenologia na agricultura têm sido destacadas por diversos pesquisadores. COELHO e DALE (1980) utilizaram a função temperatura ajustada pelos dados de Lehenbauer (1914), para definir os períodos fenológicos do milho desde o plantio até o espigamento. NEILD (1982) desenvolveu modelos fenológicos, utilizando o acúmulo de graus-dias, a fim de comparar a fenologia e produção do milho e do sorgo no Sudeste de Nebraska (USA). BERLATO et al. (1984) ajustaram equações de regressão linear para estimar as datas de ocorrências da emergência, do

pendoamento e do espigamento do milho, com base na temperatura média diária do ar.

O uso do conceito dos graus-dias, na caracterização fenológica de culturas, tem apresentado resultados geralmente superiores ao método, com base em dias do calendário, por apresentar menor variabilidade entre localidades, ano, épocas de plantio e variedades (ASPIAZÚ e SHAW, 1972; NEILD et al., 1978; BERNARDES, 1989). Vários trabalhos estimaram as datas de ocorrências dos estádios fenológicos do milho, utilizando métodos de cálculo de graus-dias e o método com base nos dias do calendário, constatando a superioridade dos métodos de graus-dias por apresentarem menores valores de desvio-padrão (GILMORE e ROGERS, 1958; CARDOSO e MUNDSTOCK, 1979; BERNARDES et al., 1987; SILVA, 1989).

Vários métodos foram propostos para se estimarem os graus-dias. O método mais simples é o chamado método direto, que se baseia no somatório de temperaturas obtidas por meio da média entre as temperatura máxima e temperatura mínima diárias, com exceção dos valores abaixo de 0°C que não são computados (CARDOSO e MUNDSTOCK, 1979). GILMORE e ROGERS (1958) sugeriram, para a cultura do milho, uma temperatura-base superior, a fim de eliminar o efeito prejudicial de temperaturas extremas. Segundo NEILD (1982), esse procedimento é, biologicamente, mais realístico do que o método de cálculo com base, apenas, na temperatura-base inferior. COSTA (1988), após utilizar vários métodos de graus-dias, optou pelo método WB 10/30, por sua simplicidade e generalidade.

SILVA (1989), ao analisar a influência da umidade do solo sobre a variação de graus-dias acumulados, desde o plantio até o espigamento do milho, observou tendência de aumento na quantidade de graus-dias necessários para atingirem determinado estágio fenológico, com o decréscimo do nível de água disponível no solo. O uso desse conceito, em regiões tropicais, deve levar em consideração a condição de umidade do solo.

De maneira geral, a principal crítica ao método graus-dias é que o desenvolvimento vegetal nem sempre apresenta relação linear com a temperatura, que é a suposição básica do método (WENDT, 1953; BERLATO et al., 1984).

2.2. Análise de Crescimento

A análise de crescimento é uma técnica utilizada para quantificar os vários parâmetros que expressam o crescimento da planta. Os procedimentos utilizados nessas análises foram documentados por vários pesquisadores, destacando-se, entre outros, os trabalhos de WATSON (1958), RICHARDS (1969) e KVET et al. (1971).

A análise matemática dos parâmetros morfo-fisiológicos da planta é feita por duas metodologias: a clássica e a funcional. A metodologia clássica permite uma estimativa de valores médios, no intervalo entre duas amostragens, para permitir a comparação entre cultivares e os diversos tratamentos. Na metodologia funcional, modelos

matemáticos são ajustados aos dados de matéria seca e área foliar, em função do tempo. Segundo MACHADO et al. (1982), a utilização de funções matemáticas, na análise de crescimento, apresenta muitas vantagens, tais como grande número de informações, representado por uma única função, e a suavização estatística de pequenos erros de amostragem. No estudo quantitativo de crescimento de plantas, é comum o uso de funções dos tipos complementar, logístico, gompertz e polinomiais.

Várias expressões têm sido propostas para quantificar o crescimento de plantas, tais como: taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF) e taxa de assimilação líquida (TAL). A TCC representa a variação de matéria seca com o tempo e expressa o resultado do saldo entre a fotossíntese, durante o período de brilho solar, menos as perdas respiratórias da cultura. A TCR é obtida pela relação entre a TCC média e a matéria seca, correspondente, representando a quantidade de matéria seca, produzida por matéria seca já existente. O IAF indica a área foliar, pela projeção dessa área sobre o solo, e mostra a capacidade que a planta tem de explorar o espaço disponível. O quociente entre o IAF e a matéria seca total da planta é denominado razão de área foliar, RAF. A RAF representa a capacidade fotossintética da planta. A TAL pode ser expressa como a razão entre a TCC e o IAF, e representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e o perdido através da respiração, indicando a eficiência fotossintética da planta.

MAGALHÃES (1985) recomenda a TCR como a medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, pois é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. Porém, como a TCR considera toda a matéria seca da planta, igualmente produtiva, e a parte pertencente às folhas é a que mais contribui para a produção de matéria seca, torna-se importante conhecer a eficiência das folhas, na produção de matéria orgânica, que é representada pela TAL (CHARLES-EDWARDS et al., 1986; PEREIRA e MACHADO, 1987).

Existe uma relação inversa entre o IAF e a TAL, nos valores mais elevados do IAF, por causa do auto-sombreamento das folhas (MAGALHÃES e SILVA, 1985). Wallace e Munger (1965), citados por REIS (1984), afirmam que, embora a alta produtividade esteja relacionada com a área foliar (AF), valores altos de AF podem acarretar redução da matéria seca, devido ao sombreamento mútuo das folhas, o que sugere a importância do IAF na seleção de plantas para alta produtividade. Segundo Thorne e Watson (1955), citados por LOPES (1981), há muitas evidências de que a produção de grãos esteja relacionada com a área foliar, após a emergência da espiga.

A aplicação da análise de crescimento à cultura do milho é tratada em uma extensa revisão apresentada por MAGALHÃES e SILVA (1985). Vários trabalhos já foram realizados no Brasil sobre a análise de crescimento do milho (SILVA et al., 1974; MACHADO et al., 1982; VASCONCELLOS et al., 1984; LOPES e MAESTRI, 1981; LEAL, 1993; COSTA, 1994). Os resultados obtidos para o IAF variaram,

consideravelmente, de 2,5-3,0 (COSTA, 1994) a 4,5-6,7 (SILVA, 1974; LEAL, 1993). COSTA (1994) encontrou TCCs de $10 \text{ g/m}^2(\text{dia})^{-1}$, bem abaixo de 23,0, 26,9, 35,8 e $35 \text{ g/m}^2(\text{dia})^{-1}$, obtidos por VASCONCELOS et al. (1984), MACHADO et al. (1982) e LEAL (1993). As produtividades de milho variaram desde 814-1.500 g/m^2 (COSTA, 1994; LOPES e MAESTRI, 1981; SILVA et al., 1974; MACHADO et al., 1982) a acima de 1.500 g/m^2 (LEAL, 1993; LOPES e MAESTRI, 1981; COSTA, 1994). As diferenças apresentadas nos resultados desses estudos foram causadas, principalmente, por variações na densidade de plantio, época de plantio e utilização de diferentes cultivares.

2.3. Crescimento de Plantas e Eficiência do Uso da Radiação

É amplamente conhecida a existência de estreita relação entre a produtividade da cultura e sua capacidade de aproveitamento da energia solar. A produção de matéria orgânica pode ser expressa em eficiência de conversão de energia, E_c , que é a razão entre o produto da TCC e a quantidade da energia contida na matéria seca, o produto da radiação solar incidente e a fração da radiação solar global, aproveitada no crescimento das plantas (Kamel, 1959, citado por MAGALHÃES, 1985). Os valores de E_c variam com a quantidade de radiação solar incidente e com a idade da planta. A capacidade de conversão de energia solar em matéria seca, para a cultura do milho, tem sido analisada em vários trabalhos (LOPES, 1973; LOPES, 1976; ARAÚJO, 1983; REIS, 1984; COSTA, 1994).

ONG et al. (1987) analisaram a produção de matéria seca, em termos de fração da radiação solar global interceptada, e a quantidade de matéria seca produzida, por unidade de radiação interceptada. SHIBLES e WEBER (1965) ressaltaram a importância da área foliar na interceptação da radiação solar global, constatando que o percentual de radiação solar global interceptada aumenta com o índice de área foliar.

Segundo MAGALHÃES e SILVA (1985), a produtividade da cultura do milho poderia ser aumentada se as folhas, para o desenvolvimento da espiga, recebessem a maior iluminação possível. Nessas condições, o ângulo de inserção da lâmina foliar no colmo teria grande influência na penetração da radiação solar no dossel vegetativo da cultura.

RUSSEL et al. (1990) descreveram a eficiência do uso da radiação (EUR) como matéria seca produzida, por unidade de radiação interceptada. Os valores de EUR já foram estimados para várias culturas, para diversos locais e tratamentos, embora seja difícil a comparação dessas estimativas, obtidas com técnicas de medições diferentes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área Experimental

A presente pesquisa foi conduzida no período de 02/06/93 a 02/11/93, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPMS/EMBRAPA), localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais (latitude 19°28' S; longitude 44°15' W e altitude 732 m).

O clima da região em que se situa o CNPMS, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical de inverno seco. No período de 1961 a 1990, a temperatura média do ar foi de 20,9°C e a precipitação média anual foi de 1.328,50 mm (DNMET, 1992).

O experimento foi instalado em uma área de topografia plana, em um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro Álico (EMBRAPA-SNLCS, 1986). As composições granulométrica e química, para as profundidades de 0 a

20 cm e 20 a 40 cm, são apresentadas no Quadro 1.

A área experimental de 100 x 25 m foi dividida em duas parcelas de 50 x 25 m, conforme ilustrado na Figura 1. Em cada parcela, foi delimitada internamente uma área útil de 40 x 20 m, para a instalação dos sensores. As linhas foram orientadas na direção Sudeste-Noroeste.

Foram utilizados os cultivares BR 201 e BR 206, resultantes dos programas de melhoramento genético, para a cultura do milho, no CNPMS e originários da mesma mãe genética, cujas principais características são:

- BR 201: Híbrido duplo, semi-dentado, florescimento aos 62 dias, altura média de 233 cm, folhas planas e largas; e
- BR 206: Híbrido duplo, semi-dentado, florescimento entre 60 e 65 dias, altura média de 210 cm, folhas estreitas e eretas.

3.2. Preparo do Solo e Plantio

O preparo do solo consistiu em aração, gradagem e sulcamento, recebendo nos sulcos uma adubação base de NPK, correspondente a 300 kg/ha, sob as formas de uréia, 8 kg/ha, superfosfato simples, 28 kg/ha, e cloreto de potássio, 6 kg/ha. A aplicação e incorporação do adubo foram feitas manualmente.

O plantio dos híbridos BR 201 e BR 206 foi feito manualmente, utilizando-se um espaçamento de 1,0 x 0,10 m,

QUADRO 1 - Algumas características físicas e químicas do Latossolo Vermelho-Álico, fase cerrado-CNPMS, Sete Lagoas, 1993

Prof.	Areia		Silte	Argila	DG	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	MO
	Grossa	Fina											
	----- % -----												
	----- eq.mg/100cc -----		----- ppm -----		----- % -----								
0-20	6	6	31	57	0,94	6,1	3,74	0,00	5,1	0,7	148	31	4,45
20-40	6	6	29	59	0,99	5,7	5,21	0,15	3,8	0,5	60	19	3,78

DG = Densidade global.

MO = Matéria orgânica.

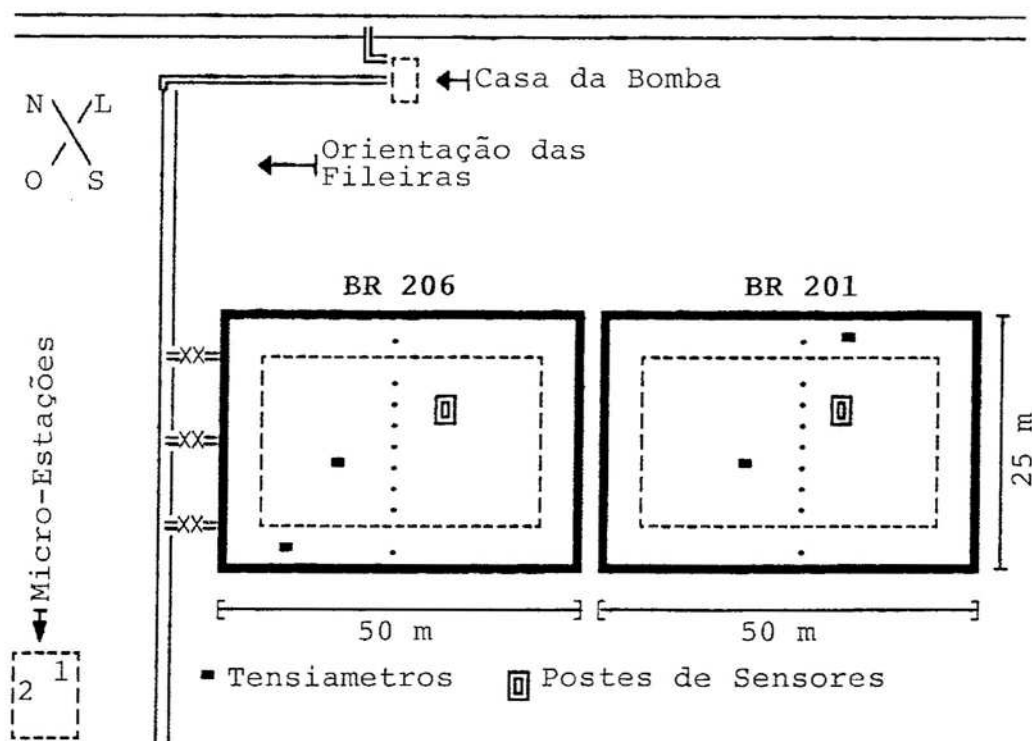


FIGURA 1 - Representação da área experimental.

em 02/06/93. O desbaste foi feito em torno de 15 dias após a emergência, para que se tivesse uma densidade de plantio correspondente a 50.000 plantas/ha. Foram aplicados uréia e sulfato de amônia, em 11/08/93 e 14/08/93, respectivamente, como adubação de cobertura, obedecendo à recomendação técnica para o cultivo de milho. A aplicação foi feita por meio de um aplicador de produtos químicos, desenvolvido no CNPMS. Uma aplicação de sulfato de zinco, adicionado de cal hidratada, a 0,1%, com uma dosagem de 0,4 l/ha, foi feita, em 19/08/93, para corrigir uma deficiência de zinco observada nesse período.

O controle contra o ataque das plantas invasoras foi feito em regime de pré-emergência, aplicando-se o produto Primestra, com dosagem de 0,7 l/ha. O controle de pragas (Lagarta-do-cartucho) foi realizado com a aplicação de Lorsban e Lanate, na dosagem de 0,6 l/ha, por meio de pulverizador costal.

Ao longo do ciclo da cultura, foram efetuadas coletas semanais de plantas, sendo a primeira realizada 15 dias após a emergência. Cada coleta, em cada parcela, consistiu em se tomar uma amostra de cinco plantas, para medições da distância entre o nível do solo e a última inserção do colmo. Em seguida, separou-se a parte aérea (folhas, colmo, pendão e espiga) para pesagem e obtenção do peso verde (PV). Determinou-se a área foliar, o índice de área foliar (IAF) e a matéria seca total (MST).

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com aspersores modelo ZED-30 da ASBRASIL, e a pressão de serviço foi de 2,5 atm. A irrigação baseou-se na avaliação

do potencial matricial da água do solo, por meio de tensiômetros de mercúrio, instalados a 20, 40 e 60 cm de profundidade. Foram utilizadas quatro baterias de tensiômetros. O solo foi mantido com um teor de umidade próximo à capacidade de campo, em toda a área experimental.

Os teores de umidade volumétrica foram obtidos, três vezes por semana, utilizando-se o método de gravimetria nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, até 23/08/93. A partir dessa data, as amostras de solo foram retiradas nas profundidades de 30, 60 e 90 cm.

Quando os híbridos estavam com oito folhas definitivas, iniciaram-se as medições de radiação em intervalos de uma hora, entre 6:30 horas e 18:00 horas. Foram medidas a radiação solar global incidente (RS), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e a radiação refletida (RF). As leituras foram feitas em três níveis: N_1 (acima do dossel, 50 cm), N_2 (terço superior, na altura média da espiga) e N_3 (próximo ao solo, 15 cm).

3.3. Instrumentação

O acompanhamento dos dados meteorológicos foi realizado usando-se duas estações automáticas, instaladas a 30 m da área experimental. Os dados de radiação solar global, precipitação pluvial, temperatura do ar e do solo foram armazenados no sistema de aquisição de dados do "LI-1.200S Minimum Data Set Record", instalado em um abrigo modelo 1.000-08, da LI-COR. Os dados de umidade relativa

foram coletados na Estação Climatológica Principal, localizada a 2 km do local do experimento.

O LI-1.200S tem quatro canais de entrada para os seguintes sensores, com as respectivas especificações:

- Piranômetro LI-200SA, para medição da radiação solar global, com constante de 80 A por 1.000 W/m^2 , calibrado com um "Eppley" PSP, com desvio máximo de 1%, para valores em torno de 3.000 W/m^2 ;
- Pluviômetro 1.000-20, modelo 2.501-MM, com um diâmetro da área de captação de 20,3 cm e precisão de $\pm 4\%$, para intensidades de precipitação de 2,5 a 15,2 cm/hr;
- Termômetro 1.000-15, sensor de temperatura do solo, com faixa linear entre -20 e 60°C , e precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, a 25°C ; e
- Termômetro para Medir a Temperatura do Ar, com sensor localizado logo abaixo do abrigo 1.000-08 e protegido contra a incidência da radiação solar direta por um anel de metal. A linearização e precisão são semelhantes às do Termômetro 1.000-15.

Os dados da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram obtidos utilizando-se um radiômetro com sensor linear quântico LI-190SA, com constante de 8 A por $1.000 \text{ mol/s.}(m)^2$, e por outro radiômetro fotovoltaico (sensor de fotocélula de Silício), PAR-EL 505-905, com

faixa de leitura entre 0 e 20.000 mol/s.(m)^2 . Os valores da radiação refletida e incidente foram obtidos por meio de dois piranômetros LI-200SA. O registro dos dados instantâneos foi feito por um "Data Logger LI-1000".

Também foi instalado na área um Tanque Classe "A", com nível de água constante.

A área foliar foi determinada usando-se um medidor de área foliar, modelo LI-3.000, da LI-COR, com resolução de 1 mm^2 .

3.4. Características Agronômicas

As características agronômicas, tomadas na área útil das parcelas, foram avaliadas com base no seguinte:

- Folhas (comprimento e largura);
- Grãos (kg/ha); e
- Espigas (índice de espiga, comprimento, diâmetro médio, número de fileiras de grãos por espigas e número de grãos por fileiras).

3.5. Análise de Crescimento

A ocorrência dos estádios fenológicos, dos dois cultivares de milho, foi caracterizadas em dias e em graus-dias. Os graus-dias foram determinados pelo método WB 10/30, por meio do programa computacional GDLINE, em linguagem Turbo-Pascal. A identificação dos estádios foi feita de acordo com o sistema proposto por HANWAY (1966), apresentado

no Quadro 2. O estabelecimento de um determinado estágio foi considerado quando 50% das plantas apresentaram as características desse estágio.

A análise de crescimento foi com base em dados semanais, de altura da planta, matéria seca total (MST) (folhas, colmo, pendão e espigas) e índice de área foliar (IAF).

A avaliação do crescimento foi expressa em termos de taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL). As curvas de acúmulo de MST foram obtidas por meio de regressão não-linear, utilizando-se o seguinte modelo (Richards, 1959 citado por PEREIRA e MACHADO, 1987):

$$MST = \frac{A}{[1 + B \cdot \exp(-Ct)]}, \quad (1)$$

em que A representa a estimativa assintótica de crescimento máximo, B e C são constantes e t é o tempo, após a emergência das plântulas. Foram também efetuadas análises de regressão não-linear, com o emprego de polinômios, para o ajuste das médias de IAF.

Os valores da taxa de crescimento da cultura (TCC) foram determinados pela derivada da equação de MST, em relação ao tempo (RADFORD, 1967; RICHARDS, 1969), isto é:

$$TCC = \frac{d(MST)}{dt}. \quad (2)$$

QUADRO 2 - Identificação dos estádios de desenvolvimento de uma cultura de milho (*Zea mays* L.)

Estádio	Características Verificadas na Cultura
0	do plantio à emergência das plantas no solo
1	quatro folhas definitivas
2	oito folhas definitivas
3	doze folhas definitivas
4	dezesesseis folhas definitivas
5	pólen abrigado; início do estágio reprodutivo
6	estádio final de polinização
7	o grão apresenta aspecto pastoso
8	começo de enchimento do grão propriamente dito um pequeno número de grãos apresenta dentes
9	todos os grãos completamente dentados
10	maturação fisiológica do grão

FONTE: HANWAY (1963).

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi obtida como:

$$TCR = \frac{TCC}{MST}. \quad (3)$$

Os valores da taxa de assimilação (TAL) foram obtidos como:

$$TAL = \frac{TCC}{IAF}. \quad (4)$$

A razão de área foliar (RAF) foi obtida a partir dos valores de Af e MST, conforme a equação:

$$RAF = \frac{Af}{MST}. \quad (5)$$

3.6. Radiação Solar Global Incidente (RS) e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

A partir dos dados da radiação solar incidente (RS) e da radiação solar refletida (RF), calculou-se o albedo (ALB) da seguinte maneira:

$$ALB = \frac{RF}{RS}. \quad (6)$$

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFA_I) foi determinada por meio das medições de RFA, nos níveis N_2 , $RFA_I N_2$ (%), e N_3 , $RFA_I N_3$ (%), utilizando-se as seguintes equações:

$$RFA_I N_2 (\%) = \left[\left(1 - \frac{RFAN_2}{RFAN_2} \right) \cdot 100 \right] \quad (7)$$

$$RFA_I N_3 (\%) = \left[\left(1 - \frac{RFAN_3}{RFAN_3} \right) \cdot 100 \right] \quad (8)$$

em que $RFAN_2$ e $RFAN_3$ representam a radiação fotossinteticamente ativa, nos níveis N_2 e N_3 ,

respectivamente, dentro do dossel da cultura.

3.7. Eficiência do Uso da Radiação (EUR)

Com os valores diários das taxas de crescimento da cultura (TCC) e taxa de crescimento de grãos (TCG), e da radiação global incidente (RS), foi determinada a EUR para a produção de matéria seca da parte aérea (EUR_{ms}) e para a produção de grãos (EUR_g), por meio das seguintes relações (MUCHOW et al., 1982):

$$EUR_{ms} = \frac{TCC}{RS} \quad e \quad (9)$$

$$EUR_g = \frac{TCG}{RS}. \quad (10)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições Meteorológicas Durante o Período Experimental

A caracterização das condições meteorológicas, em termos de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação pluvial e radiação solar, no período de 28/06/93 a 02/11/93, está ilustrada nas Figuras 2 (A e B) e 3 (A e B).

A Figura 2 (A e B) mostra as variações diárias das temperaturas máxima, mínima e média do ar, a partir do 150 dia após a emergência até a maturação fisiológica. A temperatura do ar apresentou tendência de aumento, a partir da emergência, tendo apresentado valor médio de 20,4°C, para todo o período. A temperatura máxima absoluta do período, 36,6°C, ocorreu ao 101º dia após a emergência, quando as plantas estavam em estado final de polinização, enquanto a temperatura mínima do período, 5,1°C ocorreu no início do ciclo, quando as plantas apresentavam quatro folhas definitivas. Os dados registrados de temperatura estiveram

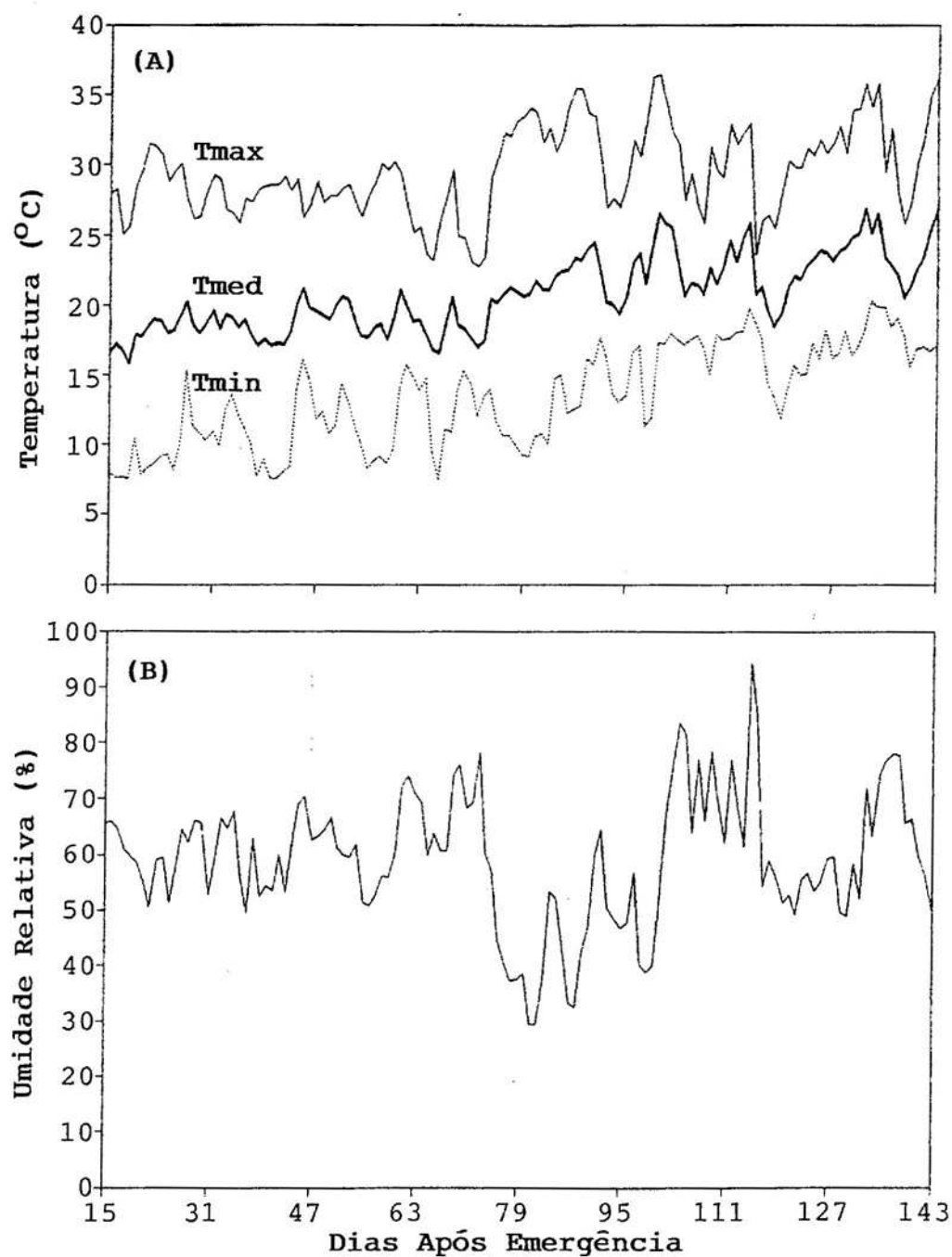


FIGURA 2 - Temperaturas máxima, média e mínima diárias do ar, durante o período experimental (A) e umidade relativa média diária, durante o período experimental, com dados obtidos na estação climatológica principal, a 2 km do local do experimento (B).

próximos aos valores das normais climatológicas da região.

A Figura 2 (B) ilustra as variações diárias da umidade relativa, no período experimental, tendo sido observado um valor médio diário máximo de 94% e um valor mínimo de 29,5%, ao 115º dia, após a emergência, e 82º dia, após a emergência, respectivamente. A umidade relativa média diária, para todo o período, foi de 59,8%.

Os valores da precipitação diária, durante o ciclo da cultura, estão representados na Figura 3 (A). O período, compreendido de 15 dias, após a emergência, a 101 dias, após a emergência, foi caracterizado pela ausência de chuva, tendo sido registrada uma precipitação de 2 mm, em 25/08, ao 75º dia após a emergência. A partir de 22/09 (102º dia após a emergência), as chuvas tornaram-se freqüentes, com totais pluviométricos acima dos valores normais para a região, nessa época, valendo destacar a precipitação de 88 mm ocorrida em 23/09 (103º dia após a emergência).

A Figura 3 (B) apresenta os valores diários da radiação solar global, durante o período de observações. A radiação solar global diária variou de 3,45 a 27,01 MJ/m², tendo apresentado um valor médio de 16,29 MJ/m², para a fase vegetativa (15º a 86º dias após a emergência), e 19,64 MJ/m², para a fase reprodutiva.

4.2. Características Agronômicas

O Quadro 3 apresenta um resumo das principais características avaliadas nos híbridos BR 201 e BR 206. Esses resultados foram expressos em termos de Média,

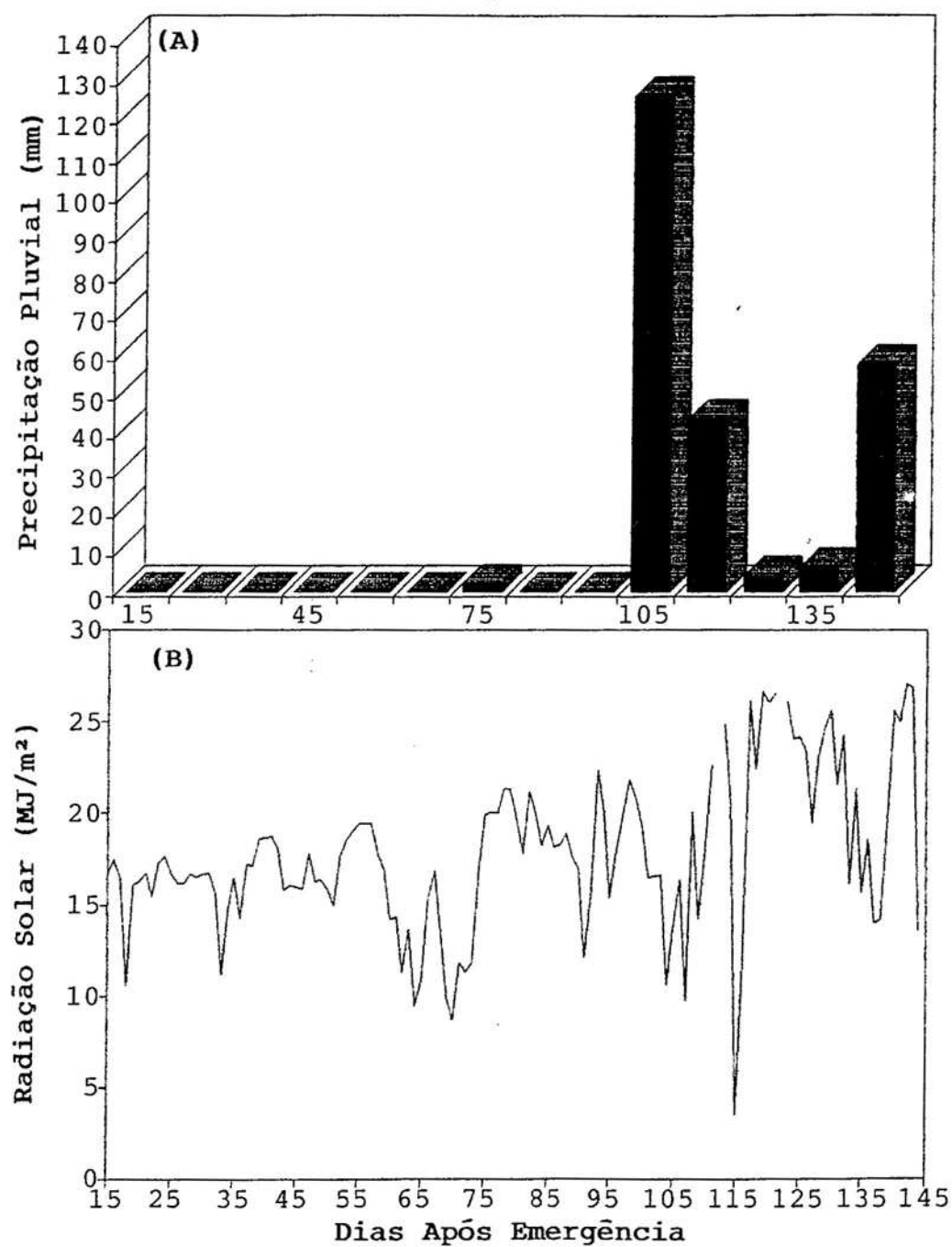


FIGURA 3 - Precipitação pluvial durante o período experimental (A) e radiação solar global diária durante o período experimental (B).

QUADRO 3 - Características agronômicas dos híbridos BR 201 e BR 206

Órgãos	BR 201			BR 206		
	Média	DP	CV (%)	Média	DP	
----- Folha -----						
Comprimento (cm)	9,72	0,66	6,88	8,79	0,85	9,57
Largura (cm)	80,20	6,67	7,25	74,80	8,02	10,71
----- Espiga -----						
Índice de espiga	1,30	0,23	17,86	1,10	0,17	15,69
Comprimento (cm)	14,80	1,55	10,45	14,00	1,71	12,11
Diâmetro (cm)	4,40	0,28	6,37	4,30	0,21	5,01
Número de Fileiras de Grãos por Espigas	12,00	1,01	8,70	14,00	0,98	6,84
Número de Grãos por Fileiras	33,80	2,66	7,85	32,60	3,92	12,02
Grãos (*) kg/ha	7.313,00	1.350,00	19,18	6.148,00	1.490,00	24,24

DP = Desvio-padrão.

CV = Coeficiente de variação.

(*) 13% de umidade.

Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação (%), calculados com base em um total de 100 plantas, para a análise das folhas, e de 500 plantas, para a análise de espigas e grãos. Observa-se que, com exceção do número de fileiras de grãos/espigas, o BR 201 foi superior ao BR 206, em todas as outras características, embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Comparando-se os valores obtidos, para cada órgão, constatou-se pequena dispersão, evidenciada pela baixa magnitude do Desvio-Padrão

e do Coeficiente de Variação. Os valores do Coeficiente de Variação, da maioria das características, exceto para o índice de espiga, comprimento de espiga e rendimento de grãos (kg/ha), variaram de 1,50 a 8,70, para o BR 201, e de 2,57 a 10,71, para o BR 206, considerados baixos para ensaios em campo.

Os resultados médios de índice de espiga variaram de 1,30, para o BR 201, a 1,10, para o BR 206, indicando que o BR 201 é mais prolífico que o BR 206. O valor de índice de espiga obtido para o BR 201 está consistente com os resultados obtidos por COSTA (1994), 1,30 e 1,35, e ligeiramente superior ao resultado obtido para o mesmo cultivar por LEAL (1993), 1,07. As produtividades em kg/ha variaram de 7.313, para o BR 201, a 6.142, para o BR 206, indicando que o BR 201 foi cerca de 16% mais produtivo que o BR 206.

4.3. Relações Fenológicas Entre Estádios de Desenvolvimento, Dias Após a Emergência (DAE) e Graus-Dias

O Quadro 4 apresenta as datas de ocorrência de cada estágio fenológico (EF) da escala proposta por HANWAY (1963), com as respectivas exigências, em dia, após a emergência (DAE) e graus-dias acumulados a partir da emergência (GD). A duração do ciclo fenológico dos híbridos foi semelhante, sendo de 142 dias, para o BR 201, e de 143 dias, para o BR 206. Apesar de serem cultivares precoces, que apresentam o florescimento masculino em torno do 65º dia após a emergência, os dois híbridos atingiram o pendoamento

QUADRO 4 - Estádios fenológicos, segundo HANWAY (1966), dos híbridos BR 201 e BR 206, expressos em datas de ocorrências, números de dias após emergência e graus-dias acumulados

EF	Datas de Ocorrência	Dias Após Emergência	Graus-dias Acumulados
----- BR 201 -----			
0	13/06	0	0
1	03/07	20	167
2	28/07	45	419
3	27/08	75	720
4	06/09	85	837
5	06/09	85	837
6	13/09	92	937
7	08/10	117	1.256
8	13/10	122	1.316
9	24/10	133	1.469
10	02/11	142	1.586
----- BR 206 -----			
0	12/06	0	0
1	01/07	19	156
2	26/07	44	405
3	19/08	68	651
4	02/09	82	796
5	06/09	86	845
6	13/09	93	945
7	08/10	118	1.264
8	13/10	123	1.324
9	24/10	134	1.477
10	02/11	143	1.594

(EF 5) somente aos 85 DAE, devido à temperatura relativamente baixa, no período vegetativo, com valor médio de 18,5°C. O total de graus-dias acumulados para alcançar a maturação fisiológica foi de 1.586, para o BR 201, e de 1.594, para o BR 206.

Os resultados das análises de regressão linear, relacionando estágio de desenvolvimento com DAE e GD, para os dois híbridos, estão no Quadro 5. Os coeficientes de determinação obtidos foram elevados para ambos os cultivares, sendo ligeiramente superiores na relação entre estágio de desenvolvimento e graus-dias (variou de 97 a 98%), em comparação com os valores encontrados para a relação entre estádios de desenvolvimento e DAE, que variou de 94 a 96%.

As taxas de desenvolvimento, que representam a unidade de estágio de desenvolvimento por graus-dias acumulados (coeficiente b), foram 0,006847 e 0,006767, para o BR 201 e BR 206, respectivamente. As Figuras 4 (A e B) ilustram essas relações fenológicas entre estádios de desenvolvimento com dias do calendário e graus-dias acumulados, para os dois cultivares.

QUADRO 5 - Coeficientes b_1 , b_2 e de determinação (r^2) para a regressão linear de EF sobre DAE e EF sobre GD

Híbridos	Equação	r^2
BR 201	$EF = 0,07029^*(DAE) - 0,85333$	0,94
	$EF = 0,006847^*(GD) - 0,29307$	0,97
BR 206	$EF = 0,06965^*(DAE) - 0,76203$	0,96
	$EF = 0,006767^*(GD) - 0,17505$	0,98

* Significativo a 1% (teste F).

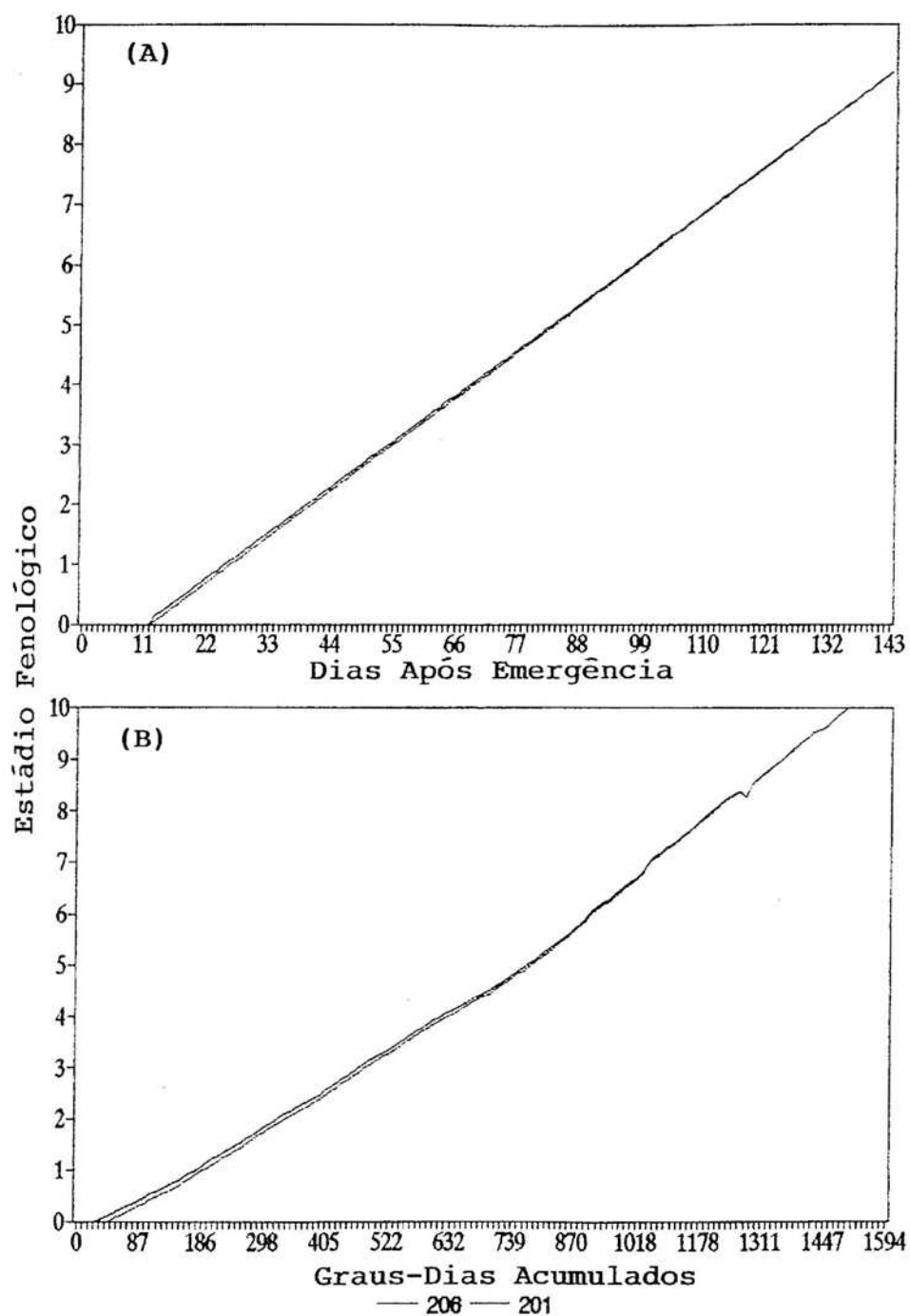


FIGURA 4 - Estádios fenológicos (EF), em função do número de dias (A), após a emergência, e em função dos graus-dias acumulados a partir da emergência (B) dos híbridos BR 201 e BR 206.

4.4. Análise de Crescimento

A distribuição sazonal da matéria seca do colmo, dos grãos, das folhas e das palhas dos cultivares BR 201 e BR 206 está ilustrada nas Figura 5 (A e B), respectivamente. Até os 15 DAE, as folhas contribuíram com a quase totalidade da matéria seca nos dois híbridos, decrescendo a partir daí. Depois da identificação do estágio 1, quando os híbridos apresentavam oito folhas definitivas, cerca de 68,9% da matéria seca encontravam-se nos tecidos foliares e 31% nos colmos, para o BR 201. No mesmo período, a concentração de matéria seca, para o BR 206, foi de 78,9% e 21,05% para folhas e colmos, respectivamente. No período entre a formação da 8ª e 16ª folhas definitivas, a contribuição da matéria seca foliar do BR 201 foi mais evidente que o BR 206.

Durante a fase de florescimento, 85-86 DAE, os colmos destacaram-se como dreno metabólico preferencial, alcançando a maior concentração percentual da matéria seca total da parte aérea, com 51%, para o BR 201, e 58%, para BR 206. Entre o florescimento e a maturação fisiológica, a redução percentual da matéria seca acumulada no colmo do BR 201 foi de 32,6%, enquanto que o BR 206 apresentou um valor de 33,9%. Esses valores representam a translocação dos fotossintetizados para os órgãos de produção. A contribuição das palhas e dos grãos na matéria seca total iniciou-se a partir dos 117-118 DAE, durante o estágio 6. O índice de colheita (IC), definido como a relação entre o rendimento

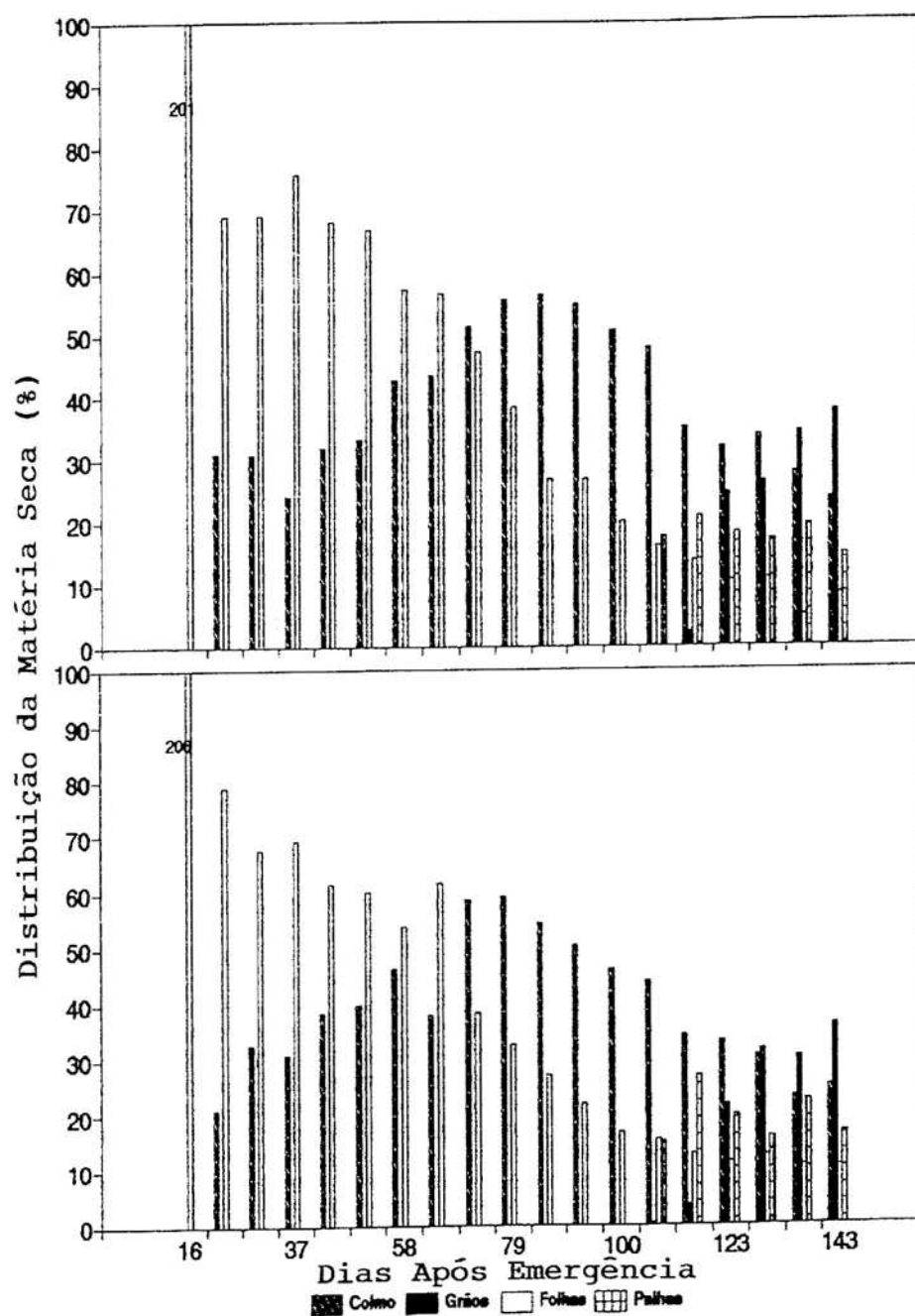


FIGURA 5 - Distribuições percentuais de matéria seca da parte aérea nos órgãos da planta do milho BR 201 (A) e BR 206 (B).

econômico dos grãos e a produção da matéria seca total, e que expressa a eficiência de translocação de assimilados para as partes economicamente importantes do milho, foi de 0,37, para o BR 201, e de 0,36, para o BR 206.

4.4.1. Matéria Seca Total

As variações da matéria seca, da parte aérea das plantas, por unidade de área cultivada, em função do número de dias após a emergência (DAE), para os híbridos BR 201 e BR 206, são apresentadas na Figura 6 (A). Uma equação logística foi ajustada aos dados de matéria seca, para descrever a variação sazonal de matéria seca de ambos os cultivares. O crescimento desses pode ser caracterizado em três aspectos, que se apresentaram sucessivamente: uma fase inicial em que o crescimento foi lento; uma intermediária entre 59 e 125 DAE, em que houve aceleração no crescimento; e uma final, na qual o grão estava se desenvolvendo, quando o acúmulo de matéria seca foi baixo. Em geral, as diferenças de matéria seca, entre os cultivares BR 201 e BR 206, foram pequenas até os 59 DAE; a partir daí, durante a fase intermediária, houve aumento nas diferenças com superioridade, no acréscimo de matéria seca, para o BR 206, que se manteve até a maturação fisiológica. As diferenças ocorridas na fase intermediária foram em decorrência do número de folhas emitidas, que alcançou mais rapidamente os estádios fenológicos, para o BR 206, aumentando o acúmulo de matéria seca das folhas, que foi bem acentuado nesse período. As duas curvas ajustadas apresentaram significância

a 1% de probabilidade, pelo teste F. Os valores dos coeficientes das equações logísticas estão apresentados no Quadro 6. O maior valor observado, para o BR 201, foi de 1.700 g/m^2 , aos 142 DAE, e, para o BR 206, foi de 1.875 g/m^2 , aos 135 DAE. As estimativas obtidas pelas equações logísticas apresentaram valores máximos de matéria seca de 1.515 g/m^2 e 1.666 g/m^2 , para os cultivares BR 201 e BR 206, respectivamente. Os valores ajustados subestimaram os valores observados em 10,8%, para o BR 201, e 11,14%, para o BR 206.

QUADRO 6 - Equações logísticas da matéria seca acumulada, para os híbridos BR 201 e BR 206, em função do DAE

Híbridos	Equação	r^2
BR 201	$MST = 1579,38^* / [1 + 459,74 \exp(-0,0654 \text{ DAE})]$	0,91
BR 206	$MST = 1689,80^* / [1 + 993,27 \exp(-0,0688 \text{ DAE})]$	0,96

* Significativo a 1% (teste F).

4.4.2. Índices Fisiológicos

As variações do índice de área foliar, a partir da emergência, dos híbridos BR 201 e BR 206 estão ilustradas na Figura 6 (B). O híbrido BR 206 apresentou valores de índice de área foliar superiores ao BR 201, desde os 30 DAE até a

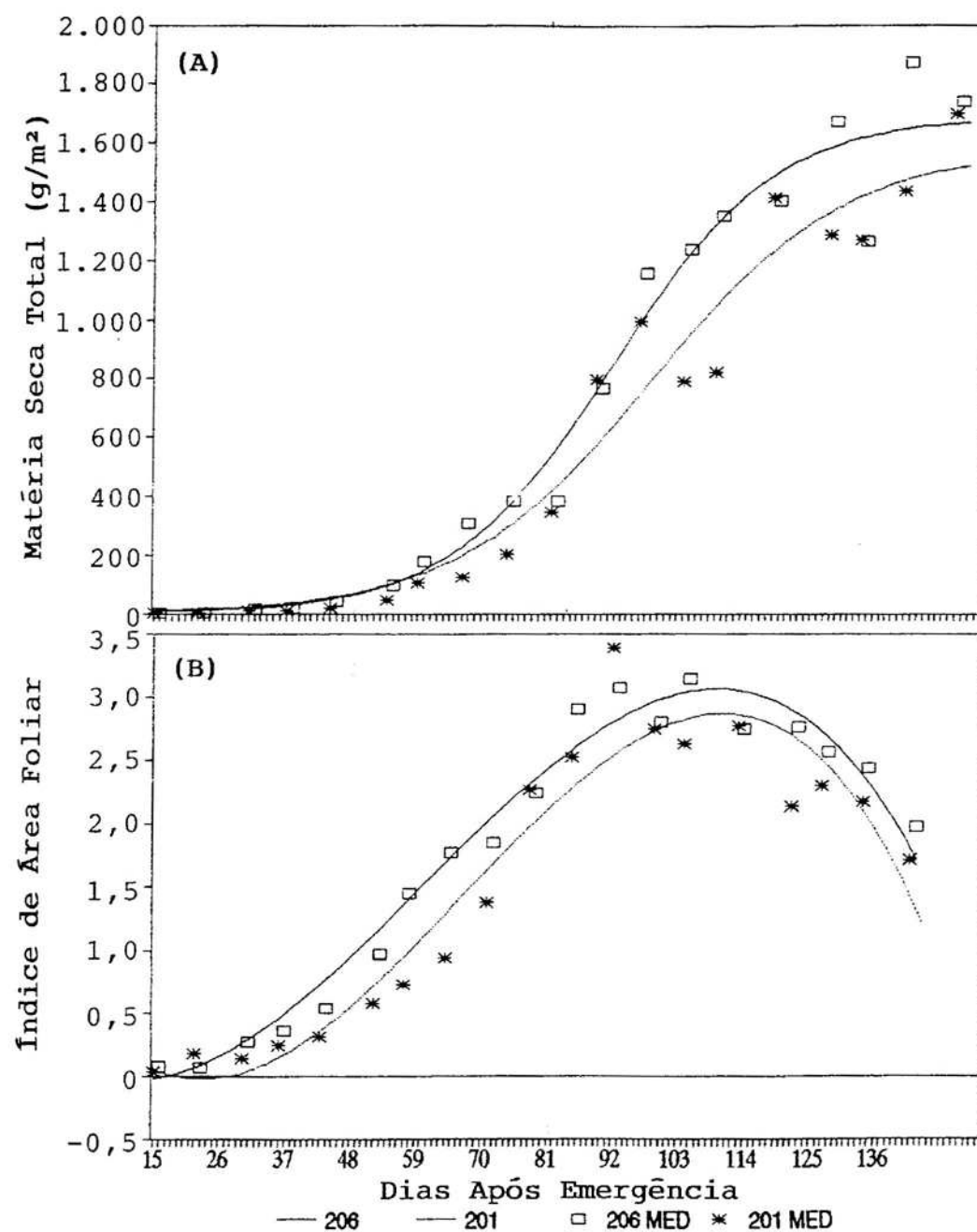


FIGURA 6 - Matéria seca acumulada (A) e índice de área foliar (B), em função do número de dias após emergência (DAE), para os híbridos BR 201 e BR 206.

maturação fisiológica. Essa superioridade deveu-se, principalmente, à maior precocidade do BR 206, na emissão de folhas, como ficou evidenciado no estabelecimento dos estádios fenológicos. Uma equação polinomial de 3º grau foi utilizada para expressar as variações do índice de área foliar, em função do número de dias após a emergência. Obteve-se melhor ajuste para o BR 206, com um coeficiente de determinação de 0,97, enquanto que, para o BR 201, foi obtido um coeficiente de determinação de 0,92. A forma da curva do índice de área foliar é comparável à obtida por outros autores para a cultura do milho (LOPES, 1976; LEAL, 1993; COSTA, 1994). O máximo índice de área foliar ocorreu no estágio fenológico 6, aos 92 DAE, para o BR 201, com um valor de 3,39, enquanto que, para o BR 206, ocorreu aos 105 DAE, também durante o estágio fenológico 6, com o valor de 3,06.

Uma equação polinomial de 3º grau também foi ajustada aos dados de índice de área foliar na altura da espiga (N_2) e em nível do solo (N_3), cujos coeficientes são apresentados no Quadro 7. Os resultados da variação de IAF_{N_2} e IAF_{N_3} estão ilustrados na Figura 7 (A e B), para os BR 201 e BR 206, respectivamente. Observa-se, na Figura 7 (A), que a queda de folhas no nível N_3 iniciou-se antes da queda ocorrida no nível N_2 . Observou-se um auto-sombreamento mais destacado no dossel BR 201, com folhas dispostas mais horizontalmente, fazendo com que as folhas superiores (N_2) provocassem redução da radiação nas folhas inferiores (N_3). Para o BR 206, o decréscimo do IAF, nos níveis N_2 e N_3 ,

QUADRO 7 - Equações polinomiais de terceiro grau relacionando índice de área foliar (IAF) e dias após emergência (DAE); e coeficientes de determinação (r^2) para os híbridos BR 201 e BR 206

Equação (*)	r^2
BR 201	
$IAF = 0,6980 - [0,0673(DAE)] + [0,0017(DAE)^2] - [8,770 \times 10^{-6}(DAE)^3]$	0,92
$IAF_{N2} = -43,9700 + [1,1100(DAE)] - [0,0088(DAE)^2] + [0,229 \times 10^{-4}(DAE)^3]$	0,99
$IAF_{N3} = 11,5200 - [0,2190(DAE)] + [0,0021(DAE)^2] - [0,646 \times 10^{-5}(DAE)^3]$	0,93
BR 206	
$IAF = 0,1058 - [0,0258(DAE)] + [1,1952(DAE)^2] - [6,51 \times 10^{-6}(DAE)^3]$	0,97
$IAF_{N2} = -0,0070 + [1,8349(DAE)] - [0,1585(DAE)^2] + [0,42 \times 10^{-4}(DAE)^3]$	0,99
$IAF_{N3} = -51,8700 + [1,2772(DAE)] - [0,1000(DAE)^2] + [0,25 \times 10^{-4}(DAE)^3]$	0,97

* Os coeficientes de regressão (b_1 , b_2 e b_3) são significativos a 1%, pelo teste F.

ocorreu de forma semelhante. Nesse cultivar, a disposição mais ereta de suas folhas permitiu uma distribuição mais uniforme da radiação pelo dossel (Figura 7 (B)).

As variações das taxas de crescimento da cultura, para os híbridos BR 201 e BR 206, a partir da emergência, estão ilustradas na Figura 8 (A). Observa-se que os valores e o comportamento das curvas, para os dois híbridos, mantiveram-se semelhantes até 41 DAE. Entre 42 e 105 DAE, o BR 201 apresentou uma TCC menor e alcançou seu maior valor, $25,85 \text{ g/(m)}^2 \cdot \text{dia}$, aos 94 DAE. A TCC máxima do BR 206

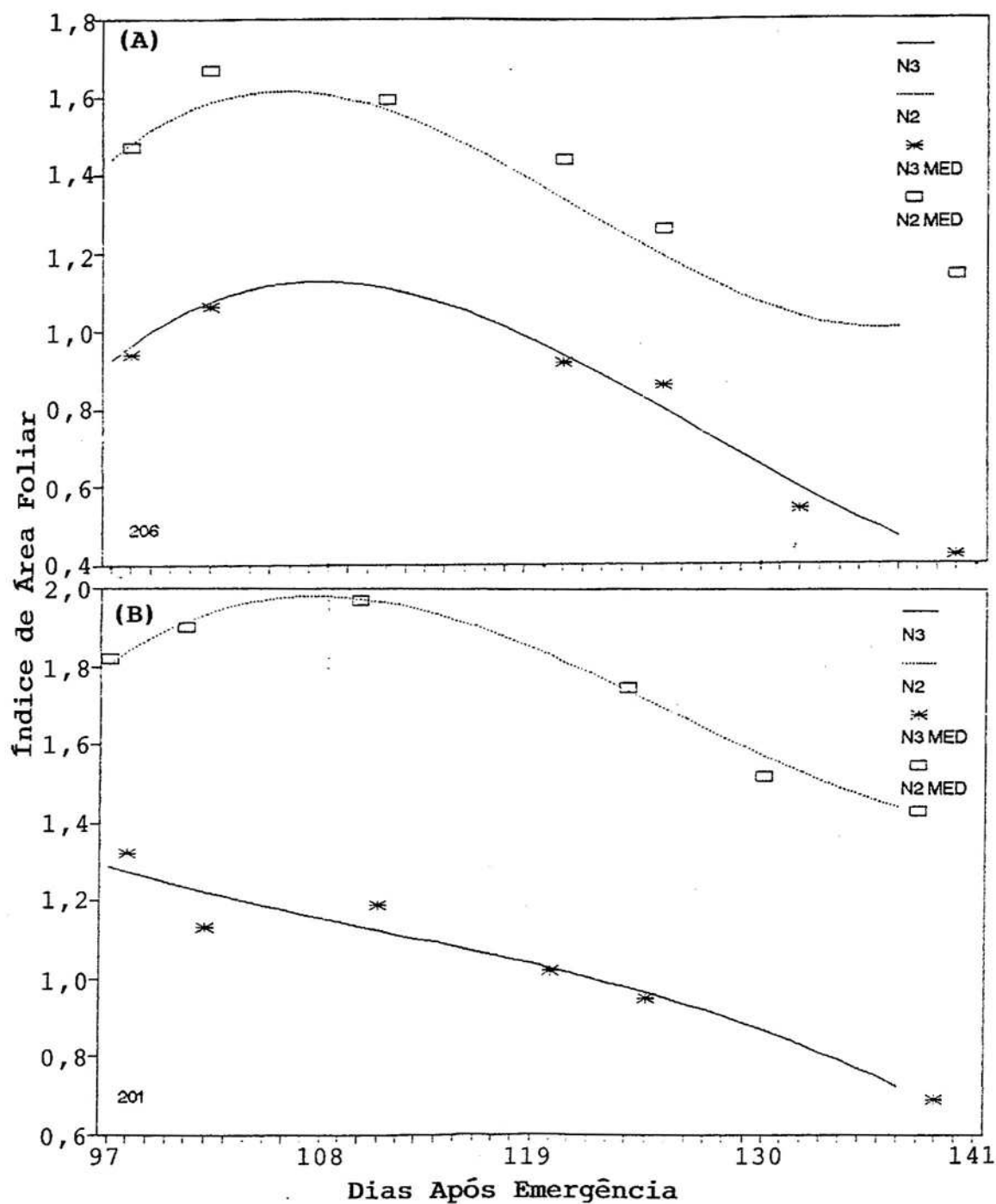


FIGURA 7 - índice de área foliar na altura da espiga (N_2) e próximo ao solo (N_3), para o BR 201 (A) e para o BR 206 (B).

ocorreu, também, nessa época, aos 88 DAE, com o valor de $33,28 \text{ g/(m)}^2\text{.dia}$. Esses resultados são consistentes com os valores apresentados por LEAL (1993), para a cultura do milho, sob condições ambientais semelhantes. O BR 201 apresentou maior TCC, a partir do 105 DAE até a maturação fisiológica, período compreendido entre a formação da espiga e o enchimento de grãos.

A Figura 8 (B) mostra a tendência da taxa de crescimento relativo (TCR), para os híbridos BR 201 e BR 206, em função do DAE. Os maiores valores foram obtidos, inicialmente, por volta do 15º DAE, com $0,065 \text{ g/(m)}^2\text{.dia}$ (BR 201) e $0,078 \text{ g/(m)}^2\text{.dia}$ (BR 206). Durante todo o período vegetativo, houve predominância do BR 206. A partir do 88º DAE até a maturação fisiológica, o BR 201 apresentou valores ligeiramente superiores aos do BR 206. A evolução da TCR, de maneira geral, apresentou-se decrescente até o final do ciclo. O decréscimo da TCR, com o desenvolvimento das plantas, pode ser explicado, em parte, pelo aumento gradual de tecidos não assimilatórios (Williams, 1946, citado por MELGES, 1989). Comportamentos semelhantes foram obtidos para a cultura do milho por VASCONCELLOS et al. (1984) e MACHADO et al. (1982).

A Figura 9 (A) mostra a variação da taxa de assimilação líquida (TAL), a partir da emergência. A TAL depende da radiação solar, das condições internas da planta, do IAF, das condições de umidade do solo, e representa o saldo entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração. As duas curvas apresentaram

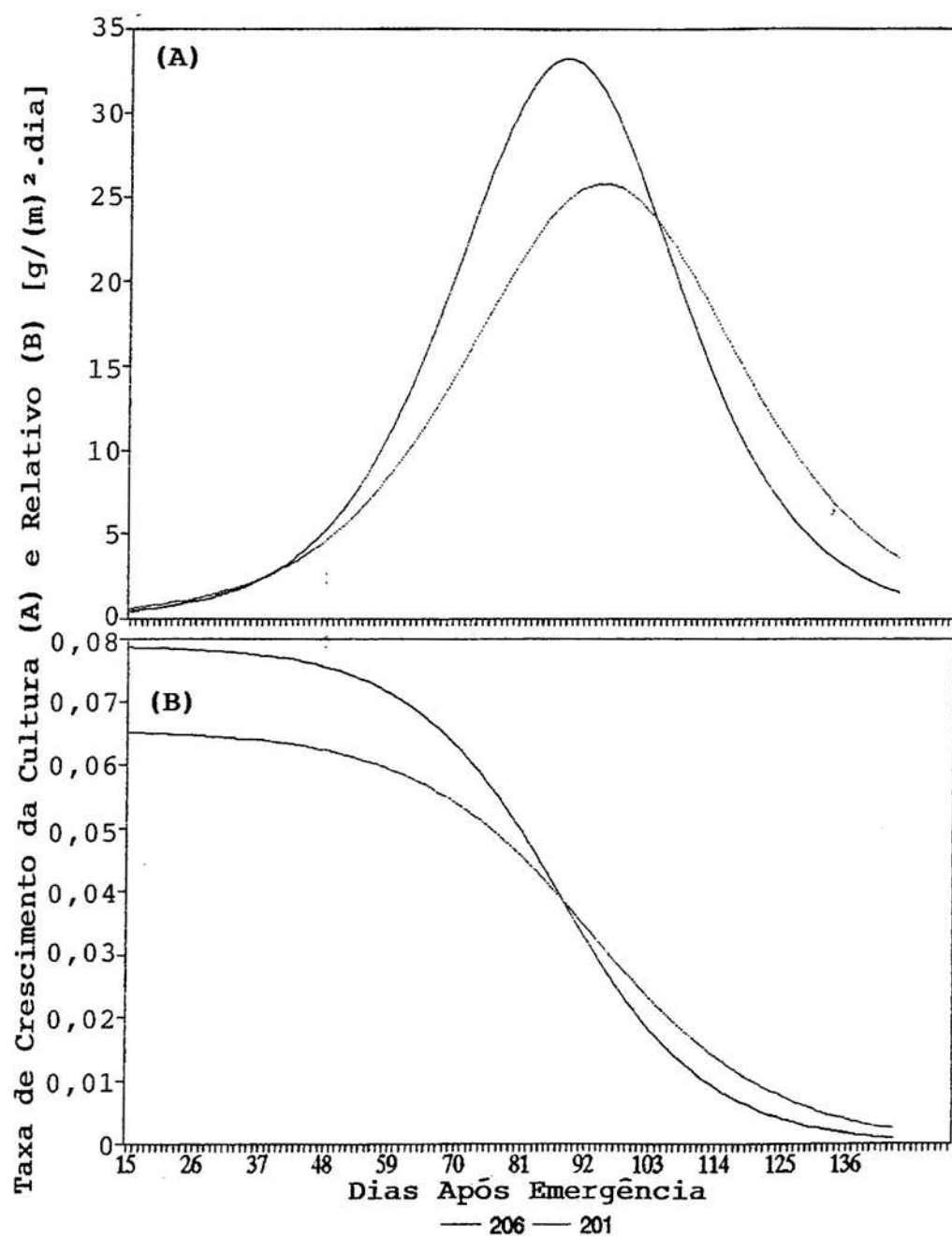


FIGURA 8 - Taxa de crescimento da cultura (A) e de crescimento relativo (B), para os híbridos de milho BR 201 e BR 206

tendências semelhantes aos resultados obtidos por MACHADO et al. (1982) e COSTA (1994). Ao 302 DAE, a TAL mostrou-se elevada e decresceu com a idade dos híbridos. O aumento apresentado, após a queda inicial, segundo MILTHORPE e MOOBY (1969), parece estar associado ao aumento da demanda de produtos fotossintetizados pelos drenos metabólicos (expansão foliar, alogamento dos colmos e diferenciação dos órgãos reprodutivos). No florescimento, o BR 206 apresentou TAL maior que o BR 201. A partir dos 102 DAE, houve uma inversão com predomínio da TAL do BR 201, que manteve uma TCC superior, no período reprodutivo.

A Figura 9 (B) apresenta a variação da razão de área foliar (RAF) durante o ciclo, para os cultivares BR 201 e BR 206. A razão de área foliar, que representa o tamanho da superfície assimilatória em relação à matéria seca total, apresentou valores elevados, entre 35 e 65 DAE. Os valores máximos de RAF, para os cultivares BR 201 e BR 206, foram de $0,014 \text{ m}^2/\text{g}$, aos 52 DAE e $0,028 \text{ m}^2/\text{g}$, aos 38 DAE, respectivamente. Comparando-se as variações da RAF com as variações da TAL (Figura 9 (A e B)), nota-se uma relação inversa entre esses índices, ou seja, quando a RAF é máxima, a TAL é mínima, e vice-versa. Segundo MACHADO et al. (1982), a ocorrência da máxima RAF, no início do ciclo vegetativo, indica que a maior parte do material fotossintetizado foi convertido em folhas. O decréscimo da RAF estaria associado ao maior acúmulo de matéria seca no colmo e nos órgãos de armazenamento.

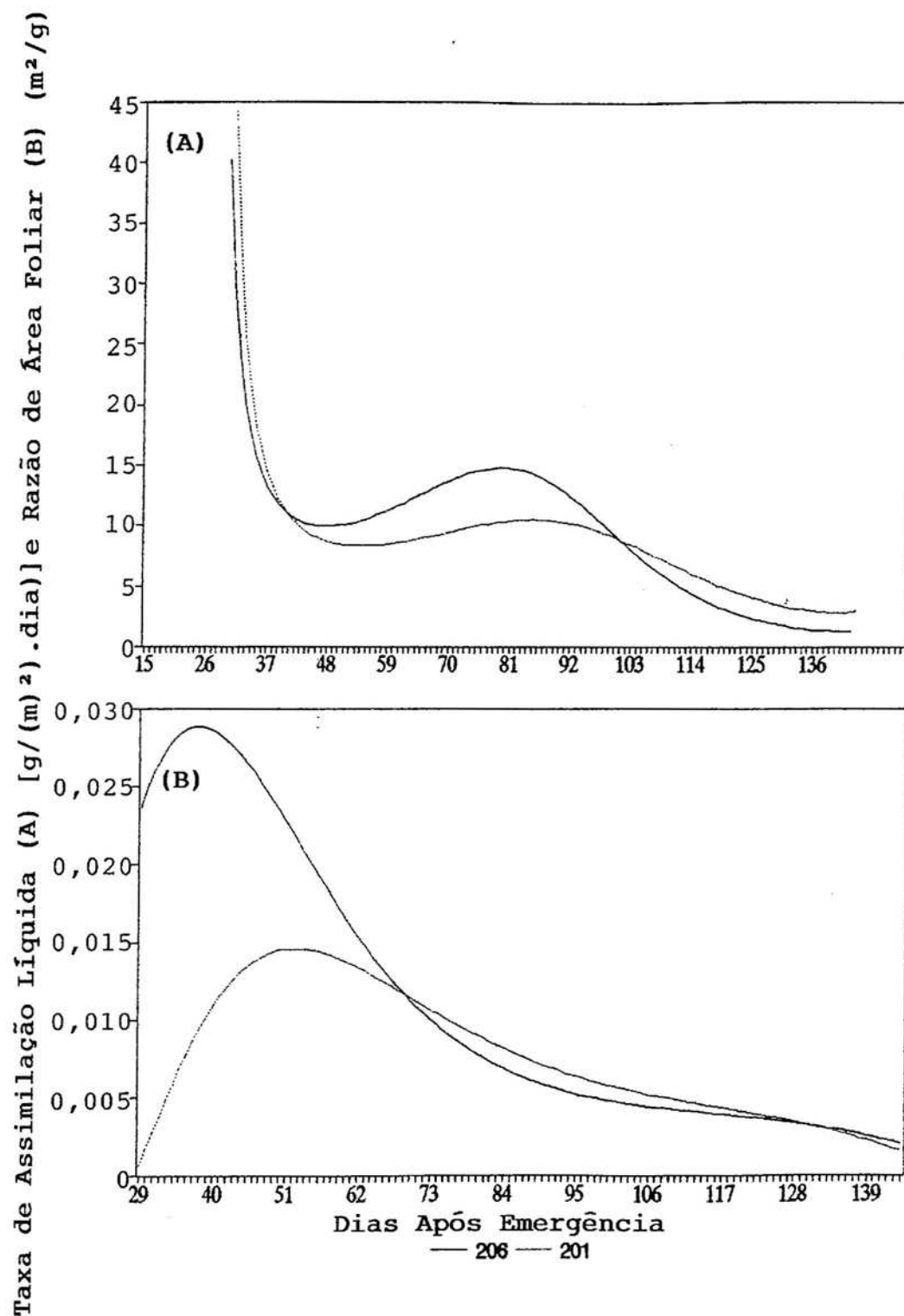


FIGURA 9 - Taxa de assimilação líquida (A) e razão de área foliar (B), para os híbridos de milho BR 201 e BR 206.

4.5. Albedo dos Cultivares BR 201 e BR 206

A Figura 10 (A e B) mostra a variação média horária do albedo dos dois híbridos, para os períodos correspondentes desde a formação da oitava folha definitiva até o pendoamento, com IAF menor que 2,0 (Figura 10 (A)), e para os períodos correspondentes do pendoamento até a fase de enchimento de grãos, com IAF entre 2,0 e 3,0 (Figura 10 (B)). As médias horárias do albedo, apresentadas na Figura 10 (A), foram determinadas com base em um período de 21 dias, e as médias apresentadas na Figura 10 (B), de 43 dias. O albedo apresentou um comportamento esperado, com valores mais elevados próximo ao nascer e ao pôr-do-sol e valores menores em torno do meio-dia, o que mostra a dependência do ângulo de elevação solar. Essa dependência está ilustrada para os dois cultivares nas Figuras 11 (A e B) e 12 (A e B). O albedo dos dois híbridos apresenta comportamento semelhante, decrescendo com o aumento do ângulo de elevação solar. O albedo do BR 206 foi, ligeiramente, superior ao albedo do BR 201, devido aos maiores valores do índice de área foliar do BR 206, antes do pendoamento. Logo após o pendoamento, os valores do albedo, para os dois híbridos, estiveram mais próximos, em quase todos os horários, devido, principalmente, às pequenas diferenças entre os IAFs de ambos (Figura 10(B)). Também, pode-se observar, na Figura 10 (A e B), que o albedo no início da manhã foi inferior ao do final da tarde. Esse comportamento, provavelmente, deve estar relacionado com as

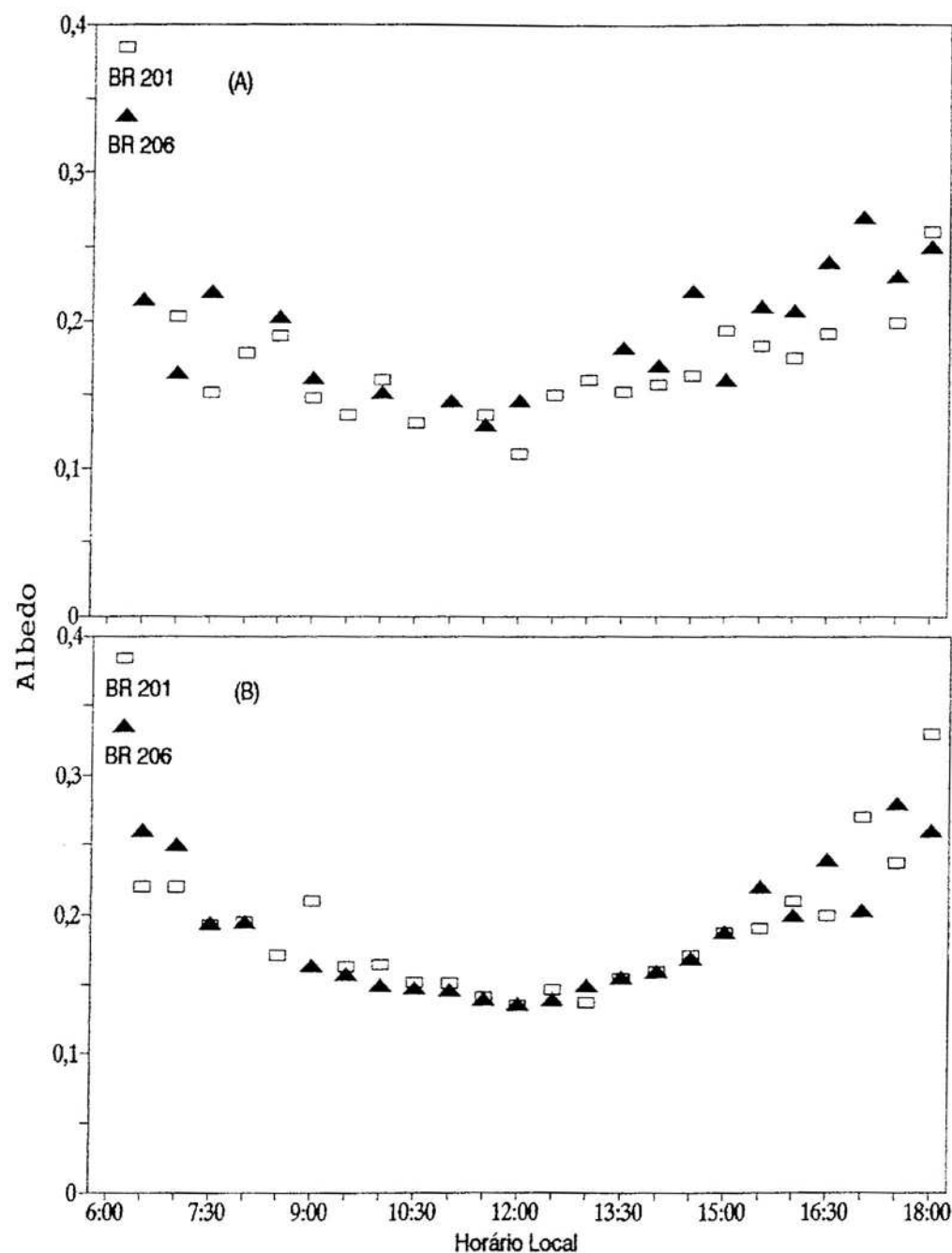


FIGURA 10 - Albedo médio horário dos híbridos BR 201 e BR 206, para os períodos desde formação da oitava folha definitiva até o pendoamento (A) e do pendoamento até o enchimento de grãos (B).

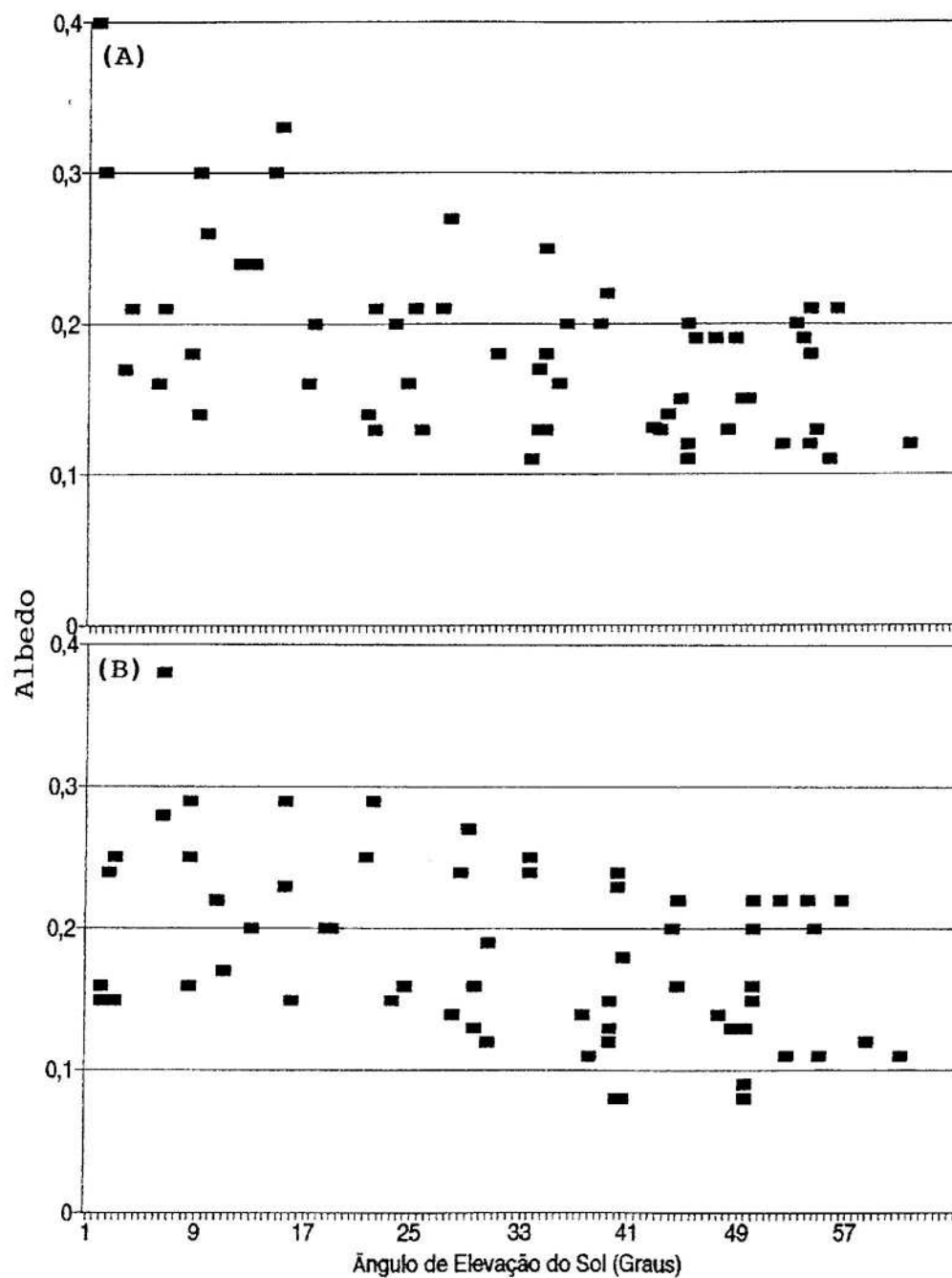


FIGURA 11 - Albedo em função do ângulo de elevação do sol, no período entre a formação da oitava folha definitiva e o pendoamento dos híbridos BR 201 (A) e BR 206 (B).

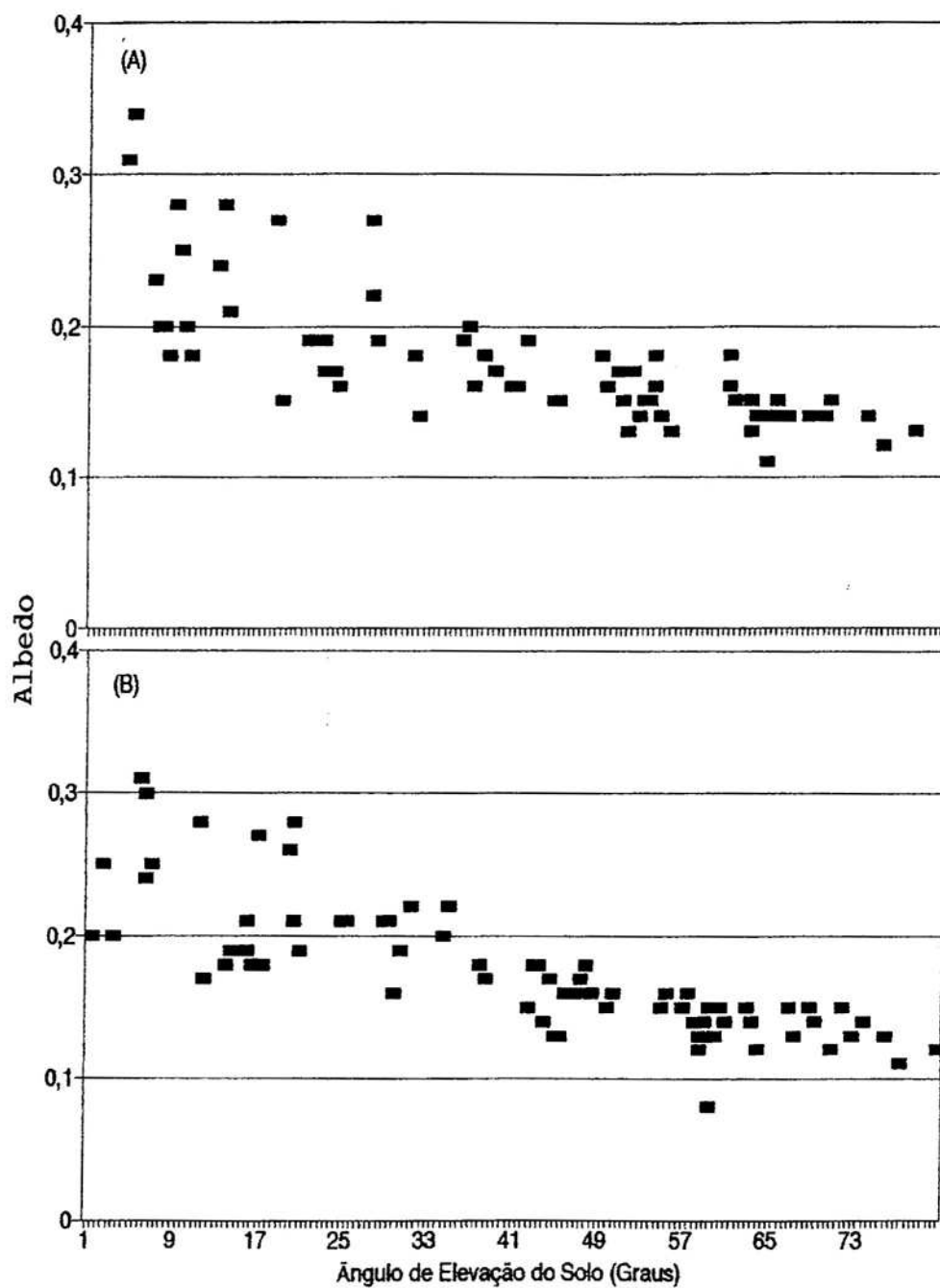


FIGURA 12 - Albedo em função do ângulo de elevação do sol, no período compreendido entre o pendoamento e o enchimento de grãos dos híbridos BR 201 (A) e BR 206 (B).

maiores condições de umidade do ar e do solo, bem como com a maior turgidez das folhas na parte da manhã, causando maior absorção e menor refletividade da radiação global incidente. Esse comportamento, também, foi constatado por ANDRÉ et al. (1986), para o período de florescimento, em cultura de milho.

O Quadro 8 apresenta um resumo dos valores médios de albedo, para os dois cultivares, sob diferentes condições de nebulosidade, obtidos a partir dos valores instantâneos. O valor médio do albedo, durante todo o período de observação, foi semelhante para ambos os cultivares, com valor de 0,18. O albedo médio do BR 206, sob condição de céu

QUADRO 8 - Albedo médio diário (AMD), desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para os dois híbridos, em diferentes condições de nebulosidade

Condições de Nebulosidade	AMD	DP	CV (%)
----- BR 201 -----			
Céu Limpo	0,18	0,055	31
Nublado	0,17	0,034	20
Céu Limpo + Nublado	0,18	0,047	26
----- BR 206 -----			
Céu Limpo	0,18	0,060	33
Nublado	0,18	0,037	20
Céu Limpo + Nublado	0,18	0,051	28

nublado, foi superior em apenas 5% ao do BR 201. As diferenças nos valores do albedo observadas entre os híbridos, em diferentes condições de nebulosidade, não foram estatisticamente significativas, a 1% de probabilidade.

4.6. Radiação Fotossinteticamente Ativa Interceptada (RFAI) e Eficiência do Uso da Radiação (EUR)

As variações da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFAI), na altura média da espiga e em nível de solo, para os dois cultivares, estão ilustradas nas Figura 13 (A e B). Durante a fase reprodutiva, entre a floração e o período em que os grãos já estavam formados, o BR 201 interceptou 39% da radiação fotossinteticamente ativa incidente e o BR 206, apenas, 32%, na altura da espiga. Essa diferença está relacionada com o ângulo de inserção das folhas com o colmo, sendo maiores no BR 206 que no BR 201, conforme ilustra a Figura 14 (A e B). Em nível de solo, a variação da percentagem de RFAI, para os dois híbridos, acompanhou a tendência do IAF. Os máximos valores de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, em torno de 90%, foram alcançados aos 95 e 97 DAE, no mesmo período de máximos valores de IAF. Logo depois, o decréscimo no percentual de radiação fotossinteticamente ativa interceptada ocorreu com a senescência das folhas e diminuição do índice de área foliar. Na fase reprodutiva, a interceptação de radiação fotossinteticamente ativa foi maior no BR 201, 85%, que no BR 206, 74%. A dependência entre a radiação fotossinteticamente ativa média interceptada e o índice de

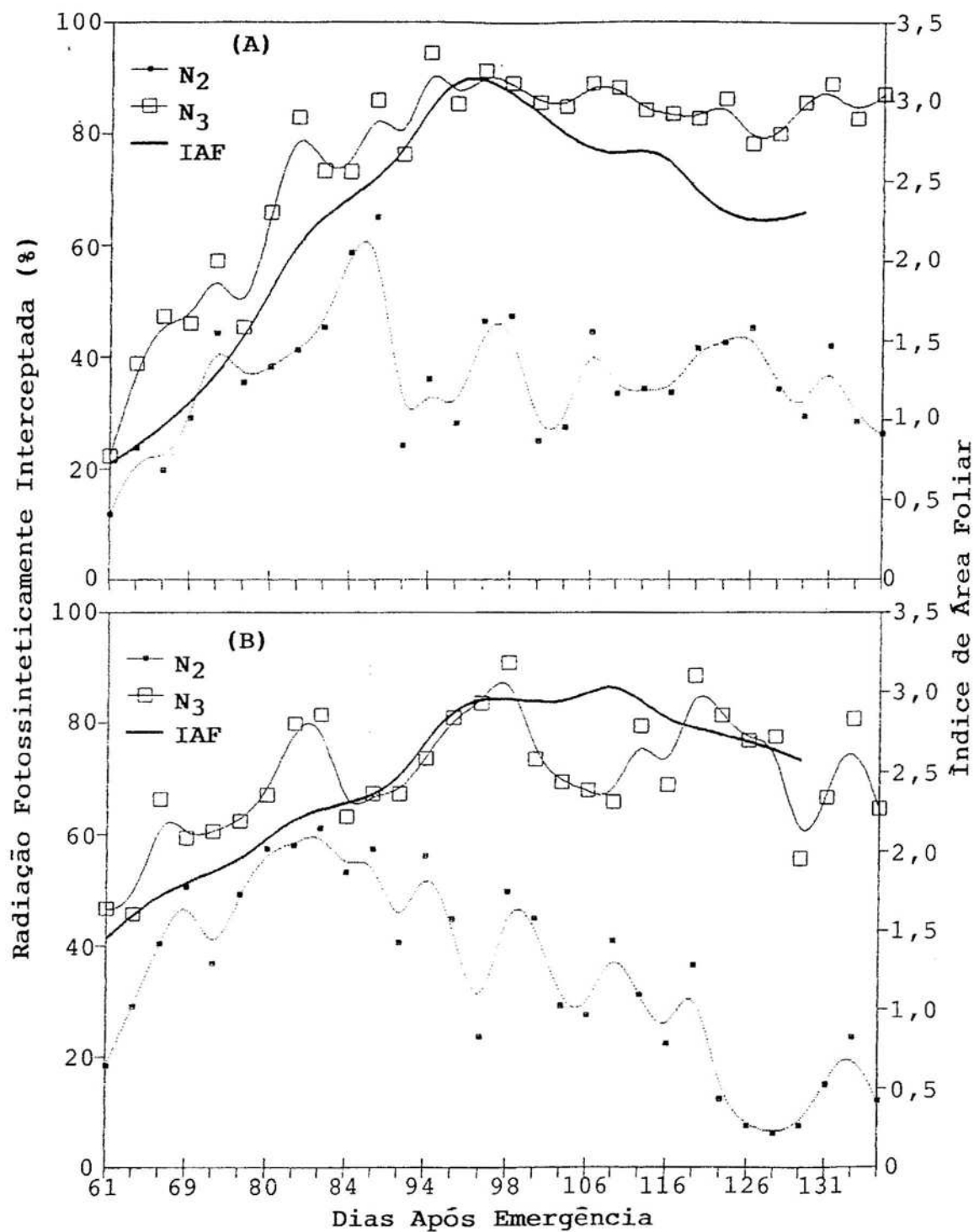


FIGURA 13 - Percentagem da radiação fotossinteticamente interceptada (RFAI) e índice de área foliar (IAF), na altura da espiga (N₂) e no nível do solo (N₃), para os (A) BR 201 e (B) BR 206.

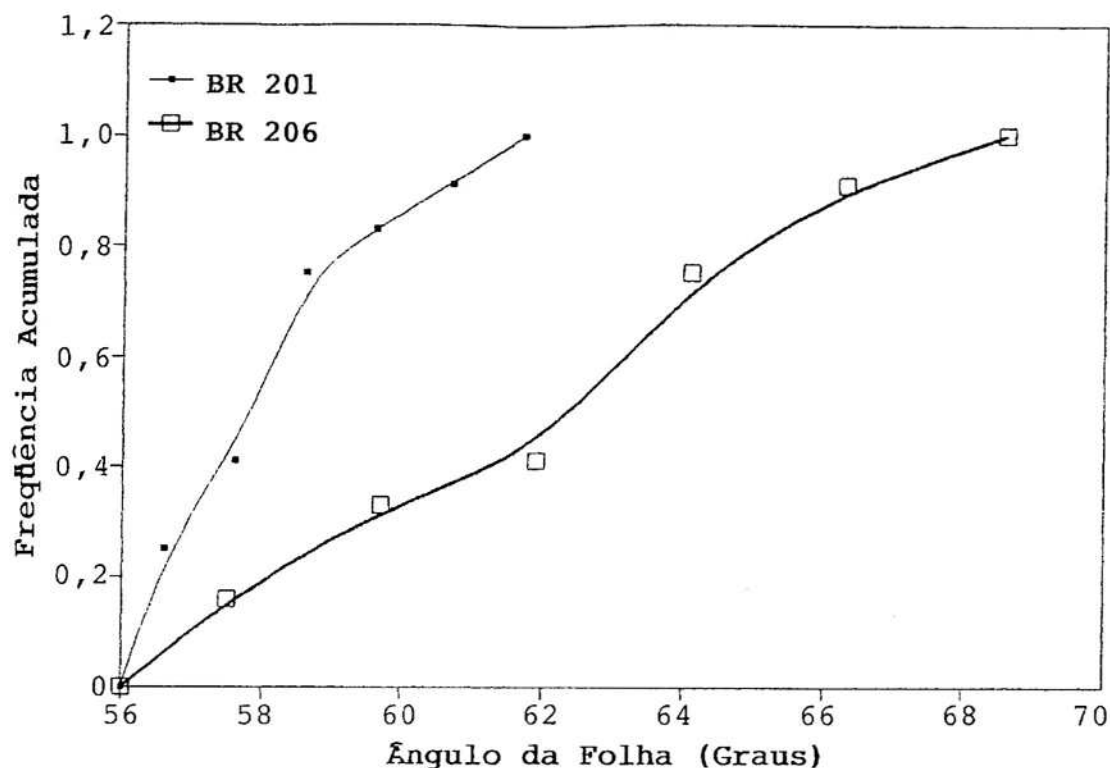


FIGURA 14 - Distribuição da frequência acumulada do ângulo das folhas, para o BR 201 e BR 206.

área foliar está ilustrada nas Figura 15 (A e B), para os níveis N_2 [altura da espiga] e N_3 [nível do solo], respectivamente. No N_2 , o declínio da radiação fotossinteticamente ativa média com o máximo IAF foi provocado pela presença de ventos no período reprodutivo, que permitiu maior penetração da radiação incidente nesse nível.

A eficiência do uso da radiação solar diária incidente (EUR_{ms}) dos BR 201 e BR 206, em função do DAE, é apresentada na Figura 16 (A). As curvas da EUR_{ms} mostraram-se irregulares, devido às grandes oscilações da radiação

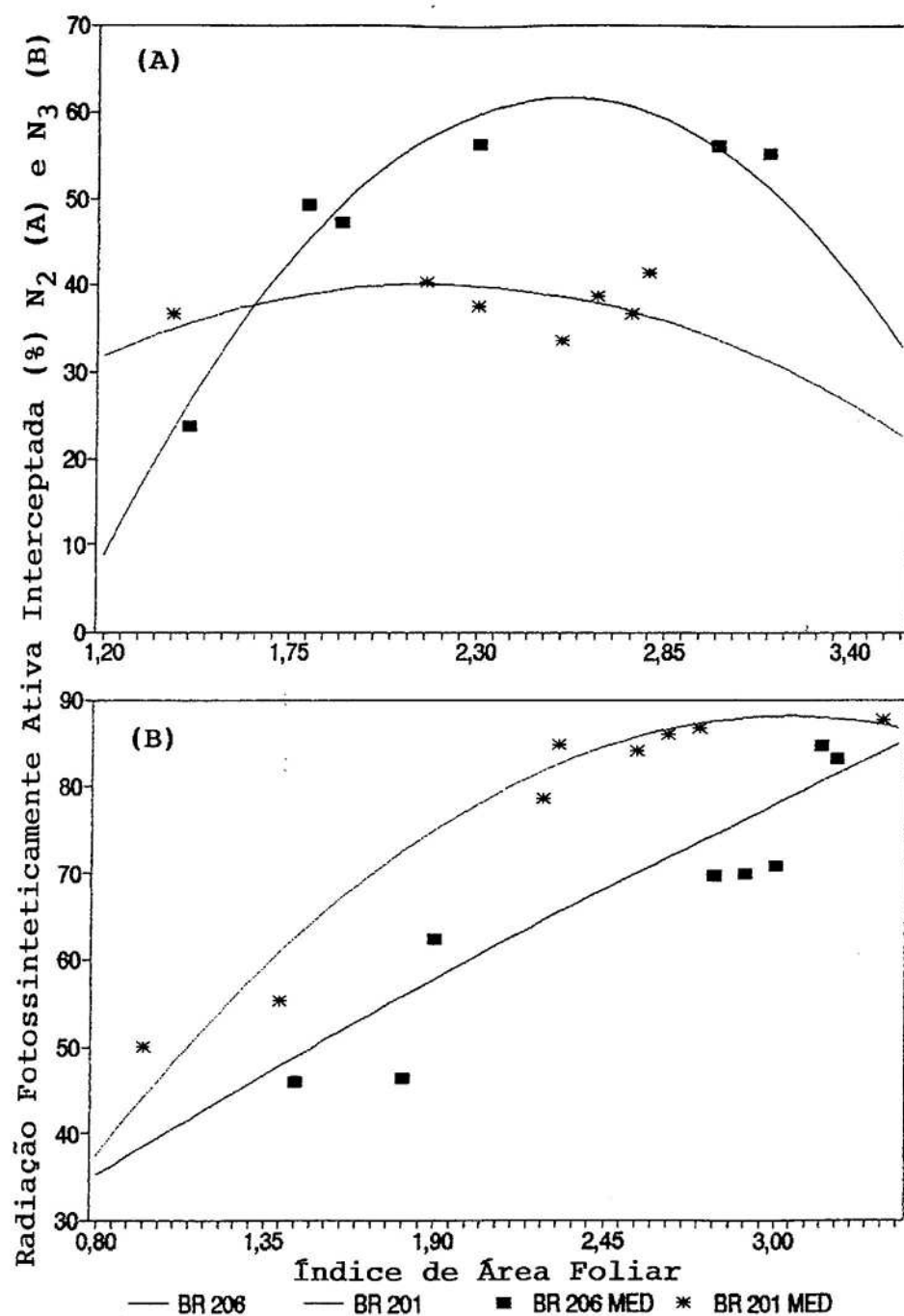


FIGURA 15 - Radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RAI), em função do índice de área foliar, ao nível N_2 (A) [altura da espiga], e ao nível N_3 (B) [próximo ao solo], para os híbridos de milho BR 201 e BR 206.

solar global entre os dias, bem como às transformações morfológicas sofridas pelas plantas. Os valores máximos da EUR_{ms} foram 2,10 g/MJ, para o BR 201, e 2,68 g/MJ, alcançados ao 91º DAE. Durante o período vegetativo, o BR 206 apresentou um valor médio superior ao BR 201, em decorrência dos maiores valores da taxa de produção de matéria seca. A EUR_{ms} média obtida do BR 206 foi de 0,60 g/MJ, contra 0,45 g/MJ do BR 201, para esse período. O declínio da EUR_{ms} , a partir do 105º DAE, para ambos os híbridos, provavelmente, foi causado por alterações no metabolismo das folhas inferiores, em que as taxas de degradação começam a ser maiores que as de síntese. Assim, a eficiência fotossintética vai declinando à medida que o sistema biológico envelhece. Foi nesse período que o BR 201 apresentou maior taxa de produção de matéria seca, superando o BR 206. Os valores médios, obtidos nesse período, foram de 0,81 g/MJ (BR 201) e 0,60 g/MJ (BR 206).

Em termos de valores médios da EUR_{ms} , as diferenças percentuais de 25%, em favor do BR 206, na fase vegetativa, e 26%, em favor do BR 201, na fase reprodutiva, indicam um equilíbrio entre as duas fases, para os dois híbridos. Porém, esses resultados apontam a eficiência do uso relacionada com a matéria seca total da parte aérea. A Figura 16 (B) ilustra a variação diária da EUR_g , para os dois híbridos, desde a fase de formação das espigas até a maturação fisiológica. Comparando-se a Figura 16 (A) com a 16 (B), observa-se que, aos 114 DAE, os valores da EUR_{ms} estiveram próximos aos da EUR_g , mostrando que o material

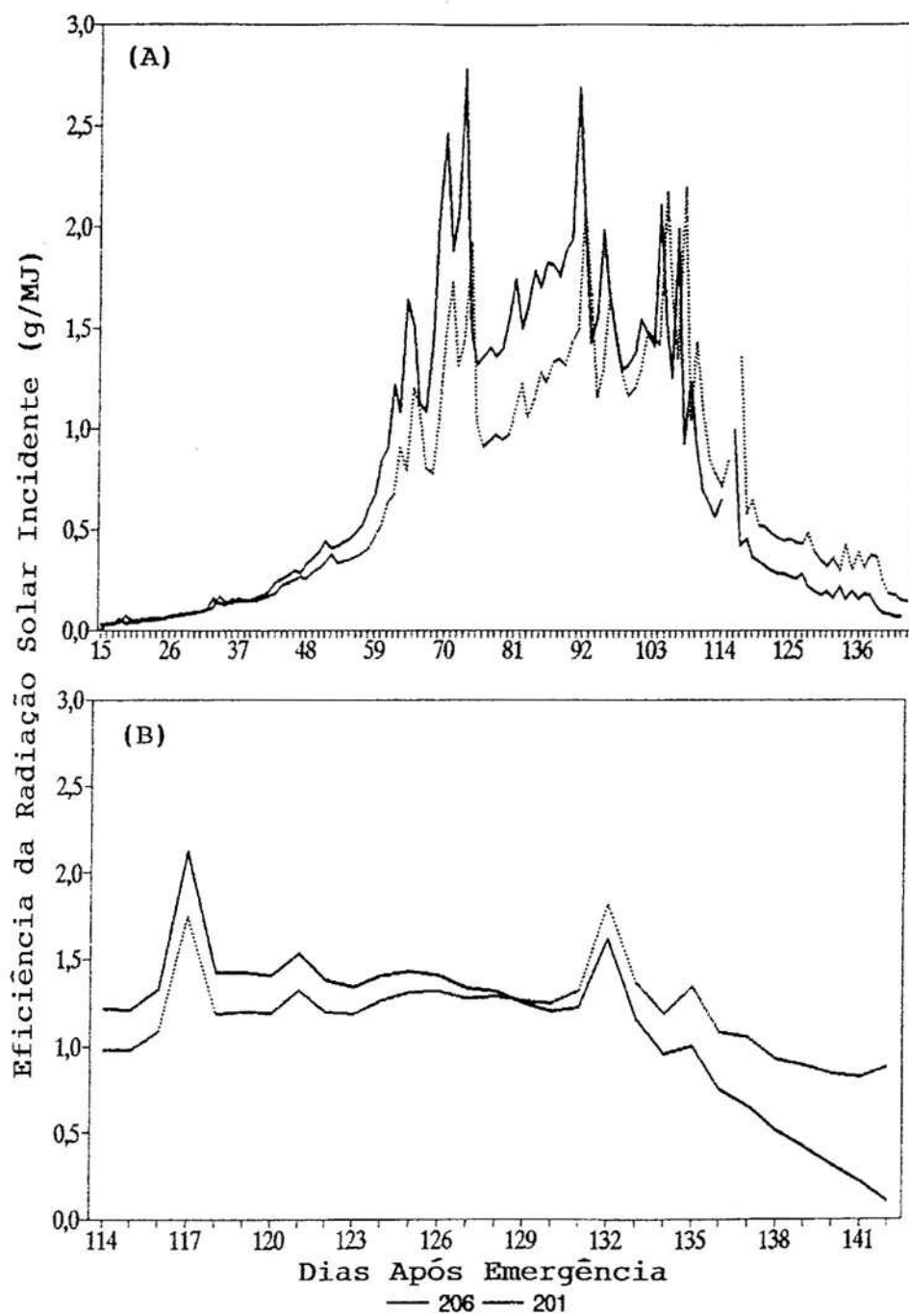


FIGURA 16 - Eficiência do uso da radiação solar incidente, em função do DAE, para a produção total da matéria seca da parte aérea (A) e para a produção de grãos (B), para os híbridos BR 201 e BR 206.

fotossintetizado e ainda não utilizado, para o crescimento dos grãos, foi armazenado em outros órgãos (provavelmente, nos colmos), como reserva. Depois, a EUR_g ultrapassou a EUR_{ms} , comprovando ter havido uma reutilização do material armazenado nos colmos, o que determinou a diminuição da percentagem de sólidos solúveis nesses. O comportamento das curvas da EUR_g , para os dois híbridos, foi semelhante, notando-se uma superioridade do BR 206, até os 127 DAE (Estádio 8). Logo após, o BR 201 passou a apresentar valores maiores, que se mantiveram até o final do ciclo. A diferença entre os valores da EUR_g , na maturação fisiológica, foi de 72 %. O valor máximo observado, para o BR 206, de 2,12 g/MJ, ocorrido aos 117 DAE, foi superior a 1,82 g/MJ, alcançado pelo BR 201, aos 132 DAE. Com base em todos os valores do período de formação e enchimento de grãos, o BR 206 mostrou uma EUR_{ms} de 1,12 g/MJ, abaixo de 1,19 g/MJ, obtida pelo BR 201, evidenciando esse híbrido como o mais eficiente na utilização da radiação solar incidente, para a produção de grãos.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Procedeu-se a uma análise comparativa do crescimento e do desenvolvimento dos cultivares de milho BR 201 e BR 206 e a uma caracterização do albedo, interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e eficiência do uso da radiação solar, no CNPMS/EMBRAPA, no período de junho a novembro de 1993.

O número de dias, após a emergência, para se atingir a maturação fisiológica, foi de 142, para o BR 201, e 143, para o BR 206. As exigências, em graus-dias, para completar o ciclo foram de 1.586, para o BR 201, e de 1.594, para o BR 206. As análises de regressão linear, entre estádios de desenvolvimento fenológico e graus-dias acumulados a partir da emergência, indicaram que 97 e 98% da variação total observada nos estádios fenológicos foram explicados pelos acúmulos de graus-dias, para o BR 201 e o BR 206, respectivamente.

A técnica da análise de crescimento foi utilizada para quantificar as diferenças em crescimento dos cultivares BR 201 e BR 206. As funções logística e polinomial de terceiro grau descreveram, adequadamente, as variações temporais da matéria seca total da parte aérea e do índice de área foliar, respectivamente. Os valores máximos de matéria seca total foram 1.700 e 1.825 g/m², obtidos para os BR 201 e BR 206. O máximo índice de área foliar ocorreu aos 92 DAE, para o BR 201, com um valor de 3,39, enquanto que o máximo valor para o BR 206 foi de 3,06, ocorrido aos 105 DAE. O BR 206 mostrou-se mais precoce que o BR 201, em termos de taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida. Os valores dessas taxas foram superiores para o BR 206, no período vegetativo, diminuindo a partir do período reprodutivo, em que o BR 201 apresentou valores maiores, os quais predominaram até a maturação fisiológica.

O albedo apresentou dependência do ângulo de elevação solar, sendo menor próximo ao meio dia e máximo no início da manhã e final da tarde. A influência da nebulosidade no albedo médio não foi estatisticamente significativa, tendo-se obtido os valores de 0,17 a 0,18, para ambos os híbridos. A maior percentagem de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, aproximadamente 90%, foi observada ao nível do solo, para ambos os híbridos, coincidindo com a mesma época de máximo índice de área foliar.

A eficiência do uso da radiação global foi determinada pela razão entre a taxa de crescimento da

cultura e a radiação solar incidente, no mesmo período, tendo-se, para o BR 201, alcançado uma eficiência média maior, de 0,81 g/MJ, em relação ao BR 206, para o qual se obteve 0,60 g/MJ, durante o período de enchimento de grãos. Foi encontrada uma eficiência do uso da radiação global média, para produção de grãos, de 1,19 g/MJ, para o BR 201, a qual foi superior a 1,12 g/MJ, obtida pelo BR 206.

Nas condições em que o estudo foi realizado, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- o BR 201 alcançou um índice de colheita de 0,37, contra 0,36 do BR 206, expressando melhor eficiência de translocação de fotoassimilados para os grãos;
- o BR 206 foi superior ao BR 201 no acúmulo de matéria seca e no índice de área foliar;
- os valores dos índices fisiológicos foram superiores para o BR 206, no período vegetativo, e superiores para o BR 201, no período reprodutivo;
- o BR 201 obteve maiores valores da radiação fotossinteticamente ativa interceptada na altura da espiga e ao nível do solo; e
- o BR 201 obteve as maiores taxas de crescimento da cultura (período reprodutivo) e crescimento de grãos, que o determinou como mais eficiente que o BR 206, na utilização da radiação solar global incidente para a produção de matéria seca total da parte aérea e para a produção de grãos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ANDRÉ, R.G.B.; VOLPE, C.A.; NISHIMURA, T.; DELLA LEBERA, C.L.F.; MALHEIROS, E.; ALMEIDA, A. Balanço de radiação numa cultura de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., Londrina, PR, 1985. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, IAPAR, p.93-102, 1986.
- ARAÚJO, G.A.A. Crescimento das plantas e conversão da energia solar em sistemas de cultivos associados a exclusivos de milho e feijão. Viçosa, MG, UFV, 1983. 129p. (Tese M.S.)
- ASPIAZÚ, C. & SHAW, R.H. Comparison of several methods of growin-g-degree-unit calculation for corn (*Zea mays* L.). Iowa State Journal of Science, 46(4):435-42, 1972.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). Agronomia Sulriograndense, 20(1):111-32, 1984.
- BERNARDES, L.R.M. Datas de florescimento de 2 cultivares de milho (*Zea mays*) no Estado do Paraná em função da emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió, 1989. Anais... Maceió, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.106-11.

- BERNARDES, L.R.M.; BOOTSMA, A.; CHAPUT, D.; GOMES, J.C.
 Comparação de 2 métodos de estimativas de unidades de calor para florescimento e maturação de cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, Belém, 1987. Coletâneas de Trabalhos... Belém, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1987. p.110-4.
- CARDOSO, M.J. & MUNDSTOCK, C.M. Comparação de treze métodos de cálculo de unidades térmicas de desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.). São Paulo, 31(11):1278-83, 1979.
- CHARLES-EDWARDS, D.A.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G.M. Modelling plant growth and development. North Ryde, Academic Press, 1986. 235p.
- COELHO, D.T. & DALE, R.F. An energy-crop variable and temperatura function for predction corn growth and development: planting to silking. *Agronomy Journal*, 72(3):503-10, 1980.
- COSTA, A.C.L. Contribuição ao zoneamento agroclimático para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, UFV, 1988. 61p. (Tese M.S.)
- COSTA, A. de F.S. da. Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio. Viçosa, MG, UFV, 1994. 109p. (Tese D.S.)
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - DNMET. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília, 1992. 85p.
- DOMENACK, C.M.R. Balanço de radiação solar de ondas curtas em três densidades de plantio de milho (*Zea mays*, L. var. Cargill 501). Piracicaba, SP, USP/ESALQ, 1980. 80p. (Tese M.S.)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTOS E CONSERVAÇÃO DE SOLOS - EMBRAPA-SNLCS. Levantamento detalhado dos solos do CNPMS. Sete Lagoas, MG. Rio de Janeiro, 1986. 372p.
- GILMORE, E.C. & ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*, 50:611-15, 1958.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*, 55:487-92, 1963.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Anuário Estatístico do Brasil 1916/1991. Rio de Janeiro, 1991. não paginado.

KVET, J.; ONDOK, J.P.; JARVIS, P.G. Methods of growths analysis. In: SESTAK, Z.; CATSY, J.; JARVIS, P. G. Plant photosynthetic production; manual and methods. The Hague, s.ed., 1971. não paginado.

LEAL, B.G. Caracterização da radiação, análise de crescimento e do desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.) em três densidades de plantio. Viçosa, MG, UFV, 1993. 55p. (Tese M.S.)

LOPES, O. Análise de crescimento e conversão da energia solar em dois híbridos de milho (*Zea mays* L.). Pelotas, RS, UFPel, 1976. 50p. (Tese M.S.)

LOPES, N.F. & MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em população de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 20:189-201, 1973.

LOPES, N.F. & MAESTRI, M. Crescimento, morfologia e partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) em três densidades populacionais. *Revista Ceres*, 28:268-88, 1981.

MACHADO, F.C.; PEREIRA, R.A.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; SILVA, W.J. da; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17(6):825-33, 1982.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI. *Fisiologia vegetal*. São Paulo, Universitária, 1985. p.333-49.

MAGALHÃES, A.C. & SILVA, W.J. Determinantes genéticos-fisiológicos da produtividade do milho. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Campinas, 1985. p.425-47.

- MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento, produção de matéria seca e produtividade da soja submetida a quatro níveis de radiação solar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24(9):1073-80, 1989.
- MUCHOW, R.C.; COATES, D.B.; WILSON, G.L.; FOALE, M.A. Growth and productivity of irrigated *Sorghum bicolor* (L. Moench) in Northern Australia. I Plant density and arrangement effects on light interception and distribution, and grain yield, in the hybrid Texas 610SR in low and medium latitudes. *Australia Journal Agricultural Research*, (33):774-84, 1982.
- NEILD, R.E. Temperature and rainfall influences on the phenology and yield of grain sorghum and maize: a comparison. *Agricultura Meteorology*, 27:79-88, 1982.
- NEILD, R.E.; SEELEY, M.W.; RICHMAN, N.H. The computation of agriculturally oriented normals from monthly climatic summaries. *Agricultural Meteorology*, 19:181-97, 1978.
- ONG, C.K.; SIMMONDS, L.P.; MATTHEWS, R.B. Responses to saturation deficit in a stand of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). II. Growth and development. *Annals Botany*, 59:121-8, 1987.
- PEREIRA, A.R. & MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas, IAC, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114)
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Science*, 7:171-5, 1967.
- REIS, W.P. Análise de crescimento de milho e feijão em monocultivo e consorciados em diferentes arranjos da semeadura destas culturas. Lavras, MG, ESAL, 1984. 113p. (Tese M.S.)
- RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWART, F.D. (ed.). *Plant Physiology: a treatise*. New York, Academy Press, 1969. p.3-76.
- RUSSEL, G.; JARVIS, P.G.; MONTHEITH, J.L. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSEL, G.; MARSHALL, B.; JARVIS, P.G., ed. *Plant canopies: their growth, form and function*. New York, Cambridge University Press, 1990. p.21-39.

- SANTOS, J.M. dos; DECICO, A.; OLIVEIRA, A.S. de; REICHARDT, K. Alguns estudos de arquitetura de plantas em milho piranão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, SP, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Genética, 1976. p.499-506.
- SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. Crop Science, 5:575-7, 1965.
- SILVA, W.J.; MONTOJOS, J.C.; PEREIRA, A.R. Análise de crescimento em dois híbridos simples de milho avaliados em duas densidades de população. Ciência e Cultura, 26:360-5, 1974.
- SILVA, J.A. Influência da umidade do solo nas exigências térmicas de três cultivares de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, MG, UFV, 1989. 79p. (Tese M.S.)
- VASCONCELLOS, C.A.; BARBOSA, J.V.A.; SANTOS, H.L. dos; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F. de C. Acumulação de massa seca e nutrientes por híbridos de milho cultivados com e sem irrigação suplementar. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, Maceió, 1984. Anais... Maceió, EMBRAPA-CNPMS, 1984. p.79-88.
- WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. Ann. Bot., 22:37-54, 1958.
- WENDT, F.W. The effect of temeparture on plant growth. Annual Review of Plant Physiology, 4:347-61, 1953.