



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9644

Dezembro, 2008

Documentos 229

Caracteres Morfológicos do Crescimento e Desenvolvimento de Quatro Cultivares de Arroz de Terras Altas

Alexandre Bryan Heinemann
Lucas Mendonça de Castro
Luís Fernando Stone
Flávio Breseghello

Santo Antônio de Goiás, GO
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (0xx62) 3533 2100
Fax: (0xx62) 3533 2123
sac@cnpaf.embrapa.br
www.cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Luís Fernando Stone*
Secretário: *Luiz Roberto Rocha da Silva*
Jaime Roberto Fonseca
Jaison Pereira de Oliveira

Supervisor editorial: *Camilla Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*
Capa: *Sebastião José Araújo*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2008): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

Caracteres morfológicos do crescimento e desenvolvimento de quatro cultivares de arroz de terras altas / Alexandre Bryan Heinemann ... [et al.]. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2008.
28 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 229)

1. Arroz - Fator de crescimento. 2. Arroz - Melhoramento genético vegetal.
I. Heinemann, Alexandre Bryan. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2008

Autores

Alexandre Bryan Heinemann

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem
Pesquisador

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12

75375-000 Santo Antônio de Goiás - GO

alexbh@cnpaf.embrapa.br

Lucas Mendonça de Castro

Estudante de graduação em Agronomia da UFG

Estagiário da Embrapa Arroz e Feijão

lucasmcagro@gmail.com

Luís Fernando Stone

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e

Nutrição de Plantas, Pesquisador

Embrapa Arroz e Feijão

stone@cnpaf.embrapa.br

Flávio Breseghello

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Genética e

Melhoramento de Plantas, Pesquisador

Embrapa Arroz e Feijão

flavio@cnpaf.embrapa.br

Apresentação

A cultura de arroz de terras altas está sujeita a múltiplos estresses abióticos e a sua performance é caracterizada principalmente em função da ocorrência, duração e intensidade da precipitação pluvial. Sua área de produção se estende do centro ao norte do Brasil e apresenta um alto grau de heterogeneidade, ocorrendo numa faixa de clima variando de subúmido a úmido e solos relativamente férteis a não férteis. Durante a estação de crescimento, esses locais apresentam altas temperaturas, o que aumenta a perda de água do solo por evaporação. O conhecimento das características morfofisiológicas das cultivares de arroz de terras altas é importante para a melhoria do desempenho dessas cultivares e também no desenvolvimento de novas cultivares para as áreas de produção de arroz de terras altas.

Com a publicação deste documento, no qual são divulgadas informações que caracterizam cultivares de arroz de terras altas, a Embrapa Arroz e Feijão tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento da pesquisa e do planejamento agrícola nas áreas de produção de arroz de terras altas.

Pedro Antônio Arraes Pereira
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Introdução	9
Metodologia	10
Resultados e Discussão	14
Desenvolvimento da Planta	14
Filocrono	15
Comprimento Final das Folhas do Colmo Principal (CF)	19
Taxa de Alongamento das Folhas do Colmo Principal	21
Período do Alongamento das Folhas do Colmo Principal	21
Largura das Folhas do Colmo Principal	22
Índice de área da planta	22
Perfilhamento	22
Taxa de Crescimento	24
Área Específica Foliar	25
Conclusões	26
Referências	27

Caracteres Morfológicos do Crescimento e Desenvolvimento de Quatro Cultivares de Arroz de Terras Altas

Alexandre Bryan Heinemann

Lucas Mendonça de Castro

Luís Fernando Stone

Flávio Breseghello

Introdução

A cultura de arroz de terras altas está sujeita a múltiplos estresses abióticos e a sua performance é caracterizada principalmente em função da ocorrência, duração e intensidade da precipitação pluvial. Sua área de produção se estende do Norte ao Sudeste do Brasil e apresenta um alto grau de heterogeneidade, ocorrendo numa faixa de clima variando de subúmido a úmido e solos relativamente férteis a baixa fertilidade. Durante as fases de desenvolvimento do cereal, esses locais apresentam altas temperaturas, o que aumenta a perda de água do solo por evaporação. Também, a incidência de plantas daninhas constitui dificuldade no manejo dessa cultura. Uma maneira de minimizar o problema é usar cultivares que apresentem alto vigor inicial, ou seja, que tenham maior taxa de alongamento (expansão) foliar nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura. Um rápido fechamento do dossel propicia sombreamento da superfície do solo mais rapidamente, reduzindo a evaporação, aumentando tanto a disponibilidade de água para a cultura (SIDDIQUE et al., 1990) como a eficiência do uso da água. Uma rápida expansão foliar também aumenta a interceptação da luz mais rapidamente (RICHARDS, 2000), tornando a planta do arroz mais competitiva em relação às plantas daninhas (DINGKUNH et al., 1999; LEMERLE et al., 2001).

Um alto vigor inicial também está correlacionado à maior produção de biomassa e de grãos na colheita (SIDDIQUE et al., 1990; LÓPEZ-CASTAÑEDA; RICHARDS, 1994). Essa correlação enfatiza a importância de se compreender

melhor as respostas dos processos morfológicos das plantas no seu desenvolvimento em relação às restrições ambientais. Tais respostas são expressas na forma de plasticidade fenotípica (DINGKUHN et al., 1999). A adaptação morfológica garante um vigor inicial, sendo particularmente importante na fase vegetativa, quando a planta está menos adaptada à competição por recursos com as plantas daninhas.

Na cultura do arroz, a fase vegetativa é a principal responsável pela duração do ciclo da cultura, sendo afetada pela temperatura do ar e comprimento do dia (VERGARA; CHANG, 1985). Esta fase é determinada pelo número de dias da emergência ao início da Diferenciação da Panícula (DP), uma vez que da DP ao Florescimento (F) e/ou Maturação Fisiológica (MF) não há muita variação entre as cultivares comerciais de arroz de terras altas. Atualmente, as cultivares comerciais são pouco sensíveis ao fotoperíodo ou não são afetadas por ele na época da safra. Assim, torna-se importante estudar em detalhes a fase vegetativa. Uma característica fenológica importante na planta do arroz é que o crescimento está sincronizado com o intervalo de emergência de folhas sucessivas no colmo, denominado filocrono (NEMOTO et al., 1995). Por meio do filocrono é possível caracterizar o crescimento da planta do arroz até o desenvolvimento da última folha, denominada Folha Bandeira (FB), em razão da relação do Número de Folhas (NF) com os vários estágios de Desenvolvimento, como Perfilhamento (TIVET et al., 2001), DP, Emborrachamento (E) e florescimento (WATANABE, 2005). Outra maneira utilizada para caracterizar o crescimento do arroz é o Índice de Haun (IH), que representa o número de folhas desenvolvidas no colmo principal mais a razão entre o comprimento da folha em desenvolvimento e o comprimento final (L) da última folha desenvolvida (HAUN, 1973).

Esse estudo teve como objetivo identificar e comparar os principais processos morfológicos relacionados ao desenvolvimento e crescimento de quatro diferentes cultivares de arroz de terras altas na fase vegetativa.

Metodologia

Para se obter os caracteres morfológicos relacionados ao desenvolvimento e crescimento, foi realizado um experimento em casa de vegetação pertencente à Embrapa Arroz e Feijão. Quatro cultivares de arroz de terras altas, BRSMG

Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana, contrastantes em relação ao ciclo e número de perflhos, foram cultivadas em condições controladas para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, utilizando quatro repetições por cultivar. Os vasos utilizados na pesquisa possuíam 26 cm de altura por 22 cm diâmetro e foram preenchidos com 7 kg de solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Fig. 1). O plantio foi efetuado em 07/01/2008, sendo realizado o primeiro desbaste no estágio V2 (duas folhas desenvolvidas no colmo principal), segundo escala de Counce; Keisling; Mitchel (2000), deixando duas plantas por vaso; e o segundo, no estágio V6 (duas folhas desenvolvidas no colmo principal), também de acordo com a escala de Counce; Keisling; Mitchel (2000), deixando uma planta por vaso.

Fotos: Sebastião Araújo



Fig. 1. Disposição dos vasos na casa de vegetação.

Com base na análise de solo, aplicou-se em cada vaso 12 g de calcário (PRNT = 70%), 2,1 g de KCl, 7 g de fosfato super simples, 50 ml de nitrato de amônio, 5 mg de sulfato de zinco, sulfato de cobre, ácido bórico e molibdênio. Em cobertura, foram realizadas duas aplicações de nitrogênio (50 mg/kg), a primeira em 15/02 e a segunda em 27/02.

O experimento foi dividido em três grupos, sendo o 1º composto de 16 vasos, com quatro repetições por cultivar. As cultivares, nesse grupo, foram conduzidas até a maturação dos grãos, sendo realizadas as seguintes leituras:

- . Comprimento diário do limbo foliar em desenvolvimento (C), em cm;
- . Largura diária da folha em desenvolvimento (L), em cm;
- . Número de Folhas desenvolvidas no colmo principal (NF);
- . Número de Perfilhos por planta (NP);
- . data de emissão de folhas no colmo principal e perfilhos, em Dias Após a Emergência (DAE);
- . datas, em DAE, do início e fim das respectivas fases: Vegetativa (V), Reprodutiva (R) e Enchimento de Grãos (EG);
- . datas, em DAE, dos seguintes estágios de desenvolvimento: Diferenciação da Panícula (DP), Emissão da Panícula (EP), Florescimento (F) e Maturação Fisiológica (MF).

O grupo 2 foi composto de 64 vasos, sendo que nos estágios de desenvolvimento V2, V4, V6 e V8, 16 vasos, sendo quatro de cada cultivar, foram utilizados para obtenção de amostras destrutivas de biomassa. Os estágios V2 a V8 caracterizam o número de folhas desenvolvidas no colmo principal da planta, segundo a escala de Counce; Keisling; Mitchel (2000). As variáveis medidas foram:

Partição de biomassa seca total em colmo e folha nos estádios V2, V4, V6 e V8, em g/planta.

O grupo 3 foi constituído de 16 vasos, os quais foram utilizados para identificar, de forma destrutiva, o início da diferenciação da Panícula (IP). O colmo principal foi cortado horizontalmente objetivando verificar se a diferenciação da panícula estava ocorrendo.

A partir das informações constatadas, foram obtidas as seguintes variáveis morfológicas:

Comprimento Final de uma determinada folha no colmo principal (CF), calculado com base no seguinte modelo logístico:

$$C_i = \frac{CF}{(1 + \exp((b_1 - x)/th))} \quad (1)$$

sendo,

C_i – Comprimento diário do limbo foliar (i) em desenvolvimento, em cm;
 CF – Comprimento final da folha, em cm;

- b_1 – Tempo necessário para alcançar o ponto de inflexão da folha, em DAE;
 th – Tempo entre o ponto de inflexão e o ponto onde a resposta é $b_1/(1 + e^{-1}) \cong 0,73 * CF$, em DAE;
 x – Unidade de tempo, em DAE.

Taxa de alongamento (TAF) de uma determinada folha, correspondente ao valor máximo da derivada primeira da equação 1, em cm/DAE;

$$f'(x) = \frac{CF * \exp\left(\left(\frac{b_1 - x}{th}\right) * \left(\frac{1}{th}\right)\right)}{\left(1 + \exp\left(\frac{b_1 - x}{th}\right)\right)^2} \quad (2)$$

sendo,

$f'(x)$ – Derivada primeira da equação 1.

Período do Alongamento (expansão) da Folha (PAF), obtida por meio da equação 3;

$$PAF = \frac{CF}{TAF} \quad (3)$$

Taxa de Emissão Foliar (TEF), em DAE/folha, obtida pela divisão do número de folhas pela duração do período entre a emissão das respectivas folhas, em DAE.

Taxa de Emissão de Perfilhos (TEP), em DAE/folha, obtida pela divisão do número de perfilhos pela duração do período entre a emissão dos respectivos perfilhos, em DAE.

Índice de Haun (IH);

$$IH = NF + \frac{Ci}{CF} \quad (4)$$

Índice de Área da Planta (IAP), em cm², de folhas no colmo principal;

$$IAP = \sum_i CF * L_i * 0.725 \quad (5)$$

sendo,

- IAP – Índice da área da planta;
 L_i – Largura da folha i desenvolvida, em cm;

0,725 – Fator de correção utilizado para converter C_i e L_i em índice de área da planta (TIVET et al., 2001).

Além disso, o filocrono foi estimado como o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o índice de Haun (DAE) (XUE; WEISS; BAENZIGER, 2004). Determinou-se também o filocrono para cada folha desenvolvida no colmo principal (NF) em função da TEF, ou seja, o inverso da TEF.

A partir da partição da Fitomassa Seca Total (FST), da Fitomassa Seca o Colmo (FSC) e das Folhas (FSF) para os estádios V2, V4, V7 e V8, foram calculadas para cada cultivar:

A área foliar, em cm^2 , foi determinada utilizando-se o leitor de área foliar “LI-3000” e a Área Específica Foliar (AEF), em m^2/g , dividindo-se a área foliar pela massa das folhas.

A Taxa de Crescimento (TC) foi calculada por meio da equação 6:

$$TC = \overline{MST}_{(1+n)} - \overline{MST}_{(n)} \quad (6)$$

sendo,

\overline{MST} – Média das repetições da fitomassa da parte aérea em um determinado tempo (DAE), em g/planta;

n – Número de DAE separando duas observações de MST.

Finalmente, para o cálculo da Taxa Relativa de Crescimento (TRC), foi utilizada a seguinte equação:

$$TRC = \frac{LN(\overline{MST}_{(t_2)}) - LN(\overline{MST}_{(t_1)})}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

Resultados

Desenvolvimento da Planta

Os estágios de desenvolvimento das plantas de arroz utilizadas nesse estudo são ilustrados pela Fig. 2.

DP-diferenciação da panícula, B-folha bandeira, E-emissão da panícula, F-florescimento e MF-maturação fisiológica

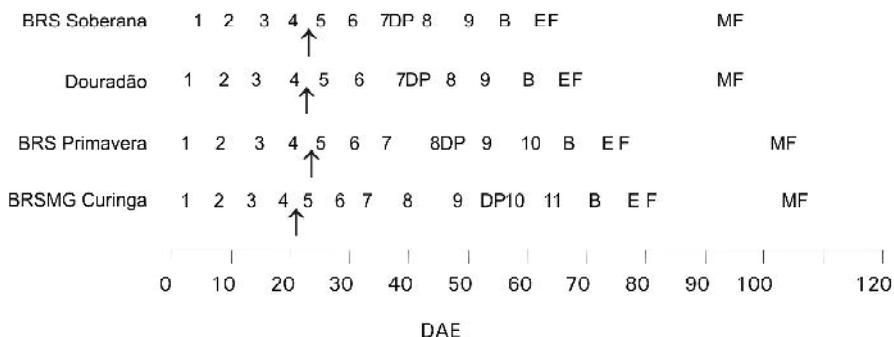


Fig. 2. Desenvolvimento de quatro cultivares de arroz em função dos dias após a emergência (DAE). Os números de 1 a n indicam o número de folhas desenvolvidas e acumuladas no colmo principal (NF). As setas indicam o início do perfilhamento.

A cultivar que apresentou o ciclo mais tardio foi a BRSMG Curinga (106 DAE), seguida pela BRS Primavera (104 DAE), Douradão e BRS Soberana (95 DAE). A fase vegetativa variou entre as cultivares e é representada na Fig. 2 como sendo o intervalo da emergência (0 DAE) e a diferenciação da panícula (DP). A cultivar BRSMG Curinga apresentou a maior duração dessa fase (55 DAE), seguida da BRS Primavera (45 DAE), Douradão (40 DAE) e BRS Soberana (38 DAE). A fase reprodutiva correspondente ao intervalo entre a DP e o florescimento (F) ocorreu após a sétima folha, nas cultivares de ciclo mais curto (BRS Soberana e Douradão) e após a oitava e nona folha, respectivamente, para as cultivares mais tardias, BRS Primavera e BRSMG Curinga. O enchimento de grãos corresponde ao intervalo entre o F e a maturação fisiológica (MF). Esse estágio de maturação, entre as cultivares, variou de 24 a 30 DAE. A BRSMG Curinga foi a que apresentou maior número de folhas no colmo principal, 12, seguida da BRS Primavera, 11, Douradão e BRS Soberana, 10, respectivamente.

Filocrono

Os valores de filocrono foram obtidos por meio do inverso do coeficiente angular da regressão linear Índice de Haun (IH) versus dias após a emergência (DAE), para as quatro cultivares, nos estágios: até a diferenciação da panícula (DP) (Fig. 3a) e até a última folha desenvolvida (FB) (Fig. 3b). Por meio da análise de variância (Tabela 1), verificou-se que, para o período de 10 DAE a DP, a interação DAE*Cultivar não foi significativa, indicando a possibilidade de ajuste do modelo estatístico, assumindo a mesma inclinação para as quatro cultivares. Assim, conclui-se que as linhas de regressão para as cultivares são praticamente paralelas (Fig. 3a).

Com base nessas informações, calculou-se um coeficiente angular geral para o período 10 DAE a DP (Tabela 2). O mesmo procedimento estatístico foi efetuado para o período 10 DAE a FB (Fig. 3b e Tabela 1). Nesse caso, o valor de P para a interação DAE*Cultivar foi de 0,0469, ou seja, significativo a 5% de probabilidade. Entretanto, baseado em trabalhos que afirmam não haver variação entre genótipos para o filocrono (STRECK et al., 2007), e também no fato do valor de P estar próximo de 5% (Tabela 1), calculou-se um valor geral para o filocrono para o período de 10 DAE a FB (Tabela 2). Assim, observou-se que o filocrono não é influenciado pelos genótipos, mas provavelmente pelo período utilizado na análise de regressão no seu cálculo. O valor geral para o filocrono no estágio de 10 DAE a DP (5,74) (Fig. 3a) foi menor que no período de 10 DAE a FB (6,57) (Fig. 3b).

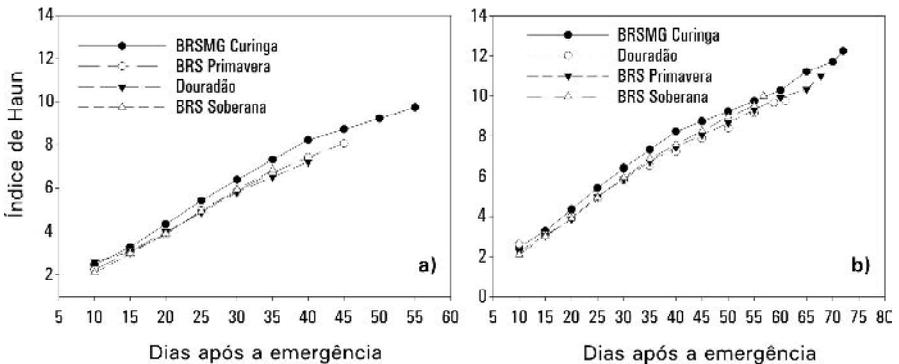


Fig. 3. Desenvolvimento de quatro cultivares de arroz: BRSMG Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana em função do índice de Haun e dias após a emergência, do início da segunda folha ao a) início da diferenciação da panícula e b) última folha (folha bandeira).

Tabela 1. Resultado da análise de variância para a comparação da inclinação das retas entre cultivares e dias após a emergência.

Fonte de Variação	Período de 10 DAE a DP			Período de 10 DAE a FB		
	**GL	Quadrado Médio	Pr (>F)	**GL	Quadrado Médio	Pr (>F)
*DAE	1	142,43	< 0,01	1	379,35	< 0,01
Cultivar	3	0,289	< 0,01	3	0,78	< 0,01
DAEXCultivar	3	0,095	0,19	3	0,27	0,04
Erro	23			42	0,09	

*Dias após a emergência; **Graus de Liberdade.

Tabela 2. Valores dos coeficientes angulares da regressão linear IH x DAE, do coeficiente estatístico R² e os valores do filocrono (inverso do coeficiente angular) .

Cultivar	Período de 10 DAE a DP			Período de 10 DAE a FB		
	Coeficiente angular	R ²	Filocrono (dias/folha)	Coeficiente angular	R ²	Filocrono (dias/folha)
BRSMG Curinga	0,167	0,98	5,98	0,151	0,98	6,62
BRS Primavera	0,172	0,99	5,81	0,148	0,98	6,75
Douradão	0,161	0,99	6,21	0,144	0,99	6,94
BRS Soberana	0,192	0,99	5,20	0,166	0,99	6,02
Geral	0,174	0,98	5,74	0,152	0,98	6,57

Isso induz à afirmativa de que o filocrono não é constante e, a partir da DP, provavelmente há uma redução na velocidade de emissão de folhas. Para comprovar este fato, calculou-se a dinâmica do filocrono baseando-se no inverso da taxa de emissão de folhas (TEF). A dinâmica da TEF e do filocrono em função do número de folhas desenvolvidas (NF) no colmo principal é apresentada na Fig. 4. Os dados obtidos por Itoh et al. (2001) para cultivares de florescimento precoce também ilustraram a mesma tendência da dinâmica do filocrono obtida nesse estudo. Observa-se que no período entre as NF 1 e 2 há um rápido decréscimo na TEF, e as cultivares que apresentaram os maiores valores iniciais para a TEF foram, na ordem, BRSMG Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana. Conseqüentemente, a cultivar BRSMG Curinga apresentou um maior vigor inicial para a TEF. A partir da NF 2 (folha em desenvolvimento 3) até a NF 7, para todas as cultivares, pode-se considerar o filocrono constante (Fig. 4). Nemoto et al. (1995) indicaram que o aumento do filocrono pode estar associado à DP. Entretanto, nesse estudo, essa tendência foi constatada somente para as cultivares de ciclo mais curto, BRS Soberana e Douradão. Para as cultivares de ciclo mais tardio, BRSMG Curinga e BRS Primavera, o aumento no filocrono ocorreu antes da DP. Itoh et al. (2001) também observaram que o aumento ocorreu antes da DP, e descartaram a relação desse aumento com o decréscimo na temperatura do ar. Nesse estudo, também, a temperatura provavelmente não influenciou no aumento do filocrono, uma vez que ela é constante entre 40 a 50 DAE (Fig. 5). Talvez as alterações na dinâmica do filocrono estejam relacionadas com o ciclo da cultivar, pois, com base na Fig. 3a, as cultivares BRS Soberana, BRS Primavera e Douradão apresentaram retas similares.

Apesar de considerar constante o filocrono entre as folhas 2 e 7, observou-se uma redução no filocrono na NF 5 para todas as cultivares (Fig. 4). Nessa fase, o filocrono pode ser influenciado por alterações na temperatura do ar (CAO; MOSS, 1989).

Provavelmente, a redução no filocrono é explicada por um aumento na temperatura máxima do ar, entre os estágios de 20 a 30 DAE, conforme ilustrado na Fig. 5.

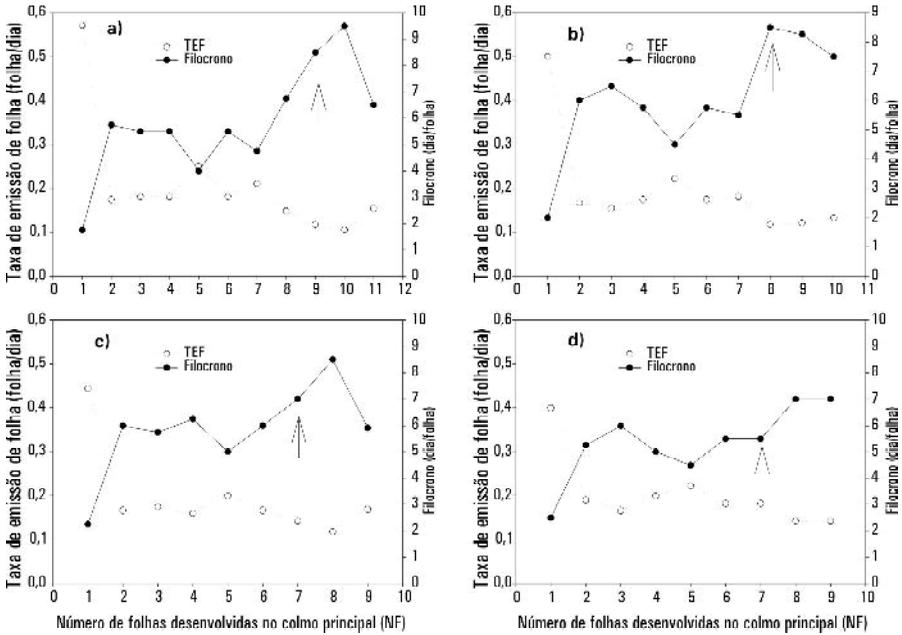


Fig. 4. Dinâmica da taxa de emissão de folhas (linha pontilhada) e filocrono (linha cheia) em função do número de folhas em desenvolvimento no colmo principal para as cultivares a) BRSMG Curinga, b) BRS Primavera, c) Douradão e d) BRS Soberana. As setas indicam o início da diferenciação da panícula (DP).

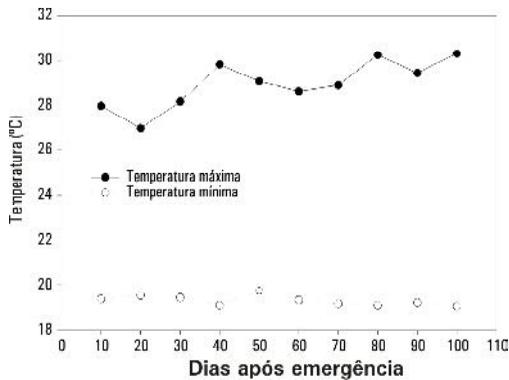


Fig. 5. Temperatura média máxima e mínima do ar para períodos de 10 dias após a emergência, proveniente de uma estação meteorológica localizada a 500 m da casa de vegetação.

Comprimento Final das Folhas do Colmo Principal (CF)

O comprimento final das folhas desenvolvidas no colmo principal foi calculado em função do ajuste do modelo logístico descrito na equação 1. Nesse ajuste, considerou-se as folhas 2 e a penúltima folha desenvolvida no colmo principal, pois tanto a primeira folha, quanto a última, (folha bandeira - FB), apresentaram um crescimento linear (dados não mostrados).

Por meio da Fig. 6, observa-se o desenvolvimento das folhas do colmo principal das quatro cultivares estudadas.

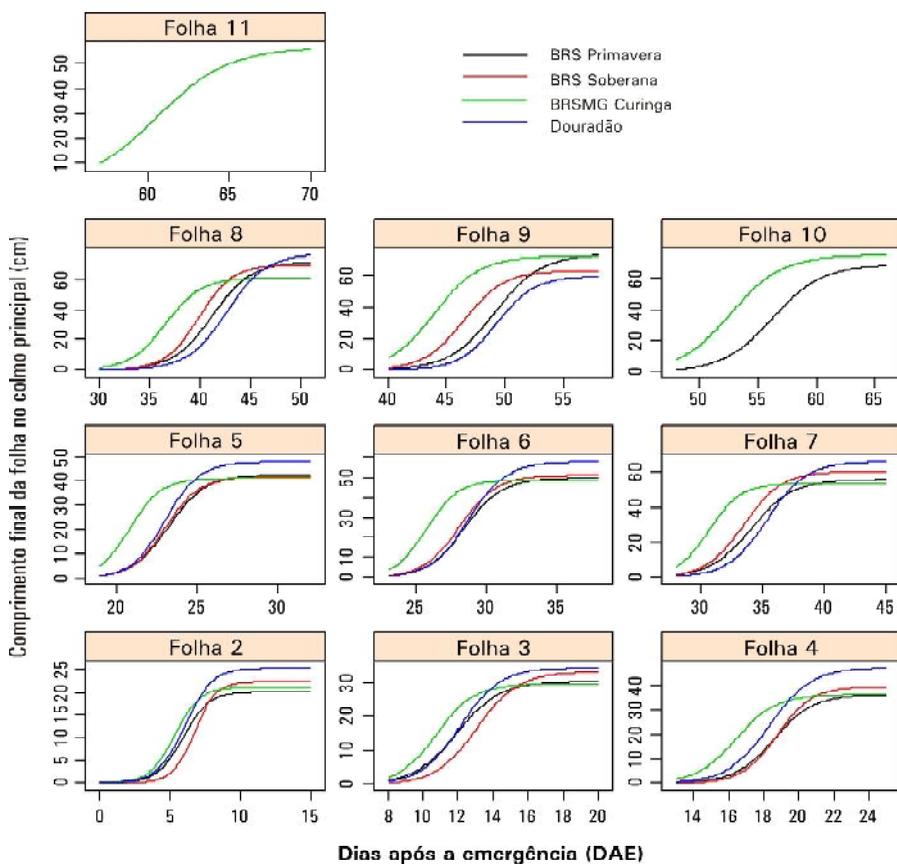


Fig. 6. Dinâmica do comprimento final das folhas do colmo principal, em função do tempo (DAE), ajustadas pelo modelo logístico (equação 1).

A cultivar BRSMG Curinga apresentou o menor tempo para que as folhas do colmo principal alcançassem 50% do seu desenvolvimento (Fig. 6 e Tabela 3), sendo que essa diferença se torna mais perceptível a partir da folha 3. Isso provavelmente é devido ao fato dessa cultivar apresentar o maior número de folhas desenvolvidas no colmo principal (Fig. 6) e também, folhas com o menor comprimento (Fig. 7a). As outras cultivares apresentaram, basicamente, os mesmos valores de tempo para as folhas do colmo principal alcançarem 50% do desenvolvimento até a sexta folha desenvolvida (Tabela 3). A partir da 6ª folha, a cultivar BRS Soberana apresentou um menor tempo para alcançar 50% do seu desenvolvimento. A cultivar Douradão apresentou o maior comprimento final das folhas (Fig. 7a). Essa característica pode ser interessante em espaçamentos entre linhas maiores. A partir da 4ª folha, a cultivar se destaca das demais em relação ao comprimento final das folhas. Para as quatro cultivares, a antepenúltima folha apresentou o maior comprimento final (CF), sendo de 75, 74, 77 e 70 cm para a BRSMG Curinga (folha 10), BRS Primavera (folha 9), Douradão (folha 8) e BRS Soberana (folha 8), respectivamente. A partir da antepenúltima folha, observa-se um declínio no comprimento delas. Esse declínio pode estar associado ao aumento na competição de recursos após a DP e ao alongamento do colmo principal (MAAN et al., 1989).

Tabela 3. Valores de *b1 e **th para as folhas do colmo principal, a partir da folha 2, para as cultivares BRSMG Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana.

Cultivar/Folha no colmo principal	BRS Curinga	BRS Primavera	Douradão	BRS Soberana
	*b1 (DAE)			
2	5,36	5,94	6,05	6,74
3	10,78	11,94	12,12	13,07
4	16,43	18,61	18,32	18,78
5	20,85	23,25	23,03	23,05
6	25,75	28,48	28,74	28,12
7	30,66	34,08	35,36	33,49
8	36,53	41,24	42,66	39,90
9	43,99	49,18	49,31	46,49
10	52,66	56,23		
11	60,48			
	**th (DAE)			
2	0,88	0,91	0,96	0,77
3	1,06	1,22	1,12	1,16
4	1,14	1,12	1,18	0,99
5	0,98	1,13	1,04	1,06
6	1,13	1,34	1,34	1,31
7	1,30	1,66	1,58	1,52
8	1,77	1,97	1,97	1,68
9	1,91	2,21	1,61	1,73
10	2,19	2,15		
11	2,27			

*b1 – tempo necessário para alcançar o ponto de inflexão da folha, em DAE, (vide equação 1);

**th - representa a distância no eixo entre o ponto de inflexão e o ponto onde a resposta é $\equiv 0,73 * L$ (comprimento final da folha), em DAE, (vide equação 1).

Taxa de Alongamento das Folhas do Colmo Principal

Nas espécies monocotiledôneas, como é o caso do arroz, o crescimento se expressa pelo comprimento das folhas, em função da taxa de alongamento das mesmas (TAF), que é determinada pelo número de células alongadas. Segundo a revisão de Nascimento et al. (2002), o uso de assimilados pelos meristemas foliares é determinado diretamente pela temperatura, que governa as taxas de divisão e expansão celular, além de criar uma demanda de carbono (C) e nitrogênio (N), responsáveis por gerar energia e material para a expansão do tecido foliar. O nitrogênio tem um efeito pronunciado sobre a taxa de alongamento de folhas, fato que pode estar relacionado com o maior acúmulo de N na zona de divisão celular (GASTAL; NELSON, 1994). O alongamento da folha é um dos processos mais sensíveis ao déficit hídrico, especialmente às alterações no balanço de água da planta. A dinâmica da TAF para as quatro cultivares de arroz é ilustrada na Fig. 7b. Da 2ª à 4ª folha desenvolvida, pode-se considerar que a TAF foi constante para as quatro cultivares estudadas, sendo que a Douradão apresentou o menor valor de TAF, provavelmente devido ao maior comprimento final de suas folhas. A partir da quarta folha, há aumento na TAF para as quatro cultivares. Esse aumento na TAF está, provavelmente, relacionado com o início do perfilhamento, que ocorreu, para os quatro genótipos, após o desenvolvimento dessa folha. Em função da Fig. 7b, constata-se a importância da adubação nitrogenada, que deve ser efetuada no início do perfilhamento. A TAF máxima ocorreu na quinta folha desenvolvida e a cultivar Douradão apresentou o maior valor para essa característica. Entretanto, a partir da quinta folha, essa cultivar apresenta um declínio nos valores de TAF, contudo sem uma explicação lógica. As cultivares BRS Soberana e BRS Primavera proporcionaram uma TAF constante, até a 8ª folha desenvolvida e a BRSMG Curinga, até a 9ª folha. A partir desse ponto, há uma tendência de decréscimo da TAF para todas as cultivares, relacionado a uma diminuição no comprimento das folhas e provavelmente ao início da diferenciação da panícula.

Período do Alongamento das Folhas do Colmo Principal

O período do alongamento das folhas do colmo principal (PAF) é a razão entre o comprimento final da folha (CF) e a TAF. A dinâmica do PAF é ilustrada na Fig. 7c, onde o PAF apresenta uma tendência contrária ao da TAF. A BRS Soberana apresentou o maior PAF para a folha 2, seguida da Douradão,

BRSMG Curinga e BRS Primavera. Observa-se que a partir da 4ª folha, ou seja, do início do perfilhamento, o PAF se iguala para as quatro cultivares, sendo que na 5ª folha, constata-se o menor valor para o parâmetro. A partir da 5ª folha, observa-se um aumento linear nos valores de PAF até a antepenúltima folha. Para todas as cultivares ocorreu um decréscimo nos valores do PAF a partir da penúltima folha.

Largura das Folhas do Colmo Principal

A dinâmica da largura das folhas é ilustrada na Fig. 7d. A largura das folhas tende a aumentar até a folha bandeira. Apenas para a cultivar BRSMG Curinga a folha bandeira apresentou uma largura menor que a folha anterior. Pela Fig. 7d é possível observar dois períodos distintos de velocidade para o desenvolvimento da largura das folhas do colmo principal. O primeiro, mais rápido, vai da 2ª folha a 5ª folha, e o segundo, mais lento, da 5ª a 8ª folha.

Índice de área da planta

No Índice de Área da Planta (IAP) são consideradas somente as folhas do colmo principal. A cultivar BRS Primavera apresentou os maiores valores de IAP (Fig. 7e), principalmente após a 5ª folha. A razão disso é que essa cultivar apresentou valores maiores de largura de folhas (Fig. 7d). É possível observar um aumento linear no IAP até a antepenúltima folha desenvolvida para todas as cultivares (Fig. 7e). A partir dessa folha, há um declínio no IAP. Nemoto et al. (1995) e Tivet et al. (2001) relacionaram esse declínio à diferenciação da panícula (DP), que geralmente ocorre entre a 3ª e 4ª folha desenvolvida antes do aparecimento da folha bandeira (FB). Nesse estudo também constatou-se que o declínio ocorreu após a DP.

Perfilhamento

O perfilhamento no arroz é considerado uma característica agrônômica importante. O número de panículas e, conseqüentemente, o rendimento de grãos estão relacionados com o número de perfilhos. A qualidade dos grãos também está correlacionada com esse componente, embora de maneira negativa. De acordo com Wang et al. (2007), o excesso de perfilhos pode causar deterioração na qualidade dos grãos, pois aqueles iniciados tardiamente apresentam qualidade inferior de grãos, já que serão colhidos antes de sua completa maturação.

O perfilhamento é dividido em tipos de acordo com o colmo em que cada perfilho se originou, isto é, o perfilhamento primário origina-se do colmo principal, o secundário origina-se do nó do perfilho primário e assim progressivamente.

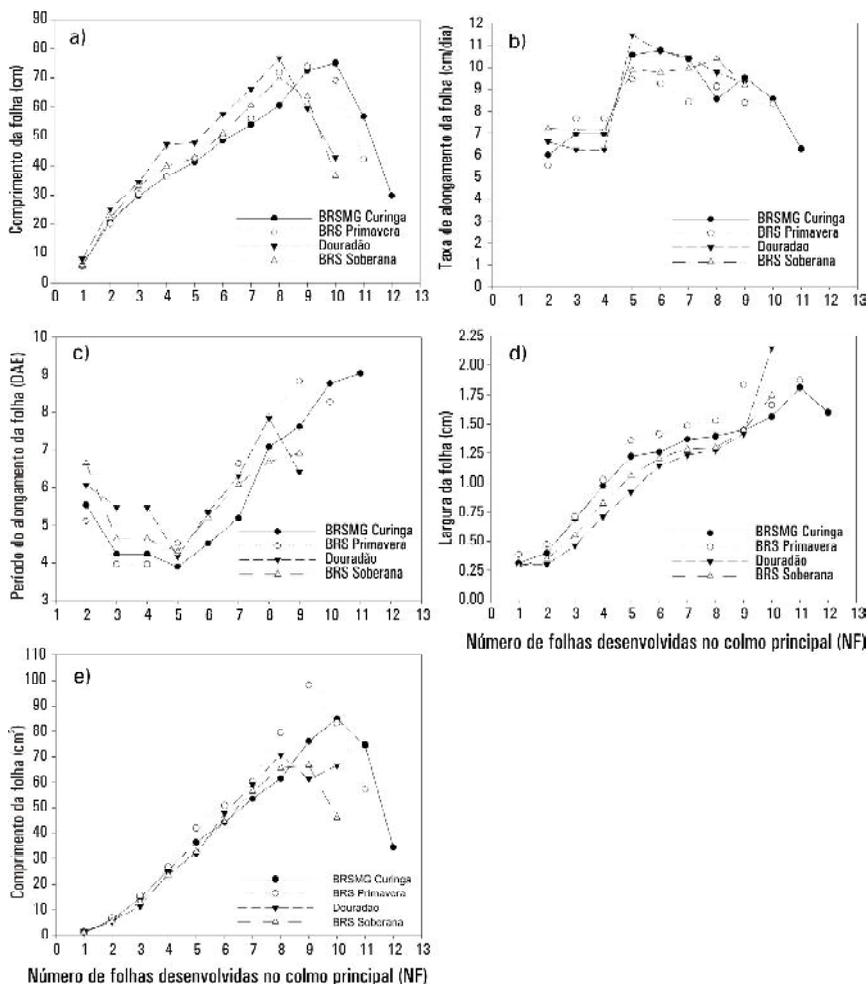


Fig. 7. Dinâmica do a) comprimento final das folhas no colmo principal (CF); b) taxa de alongamento das folhas (TAF); c) período do alongamento das folhas (PAF); d) largura das folhas do colmo principal (L) e e) índice de área da planta (IAP).

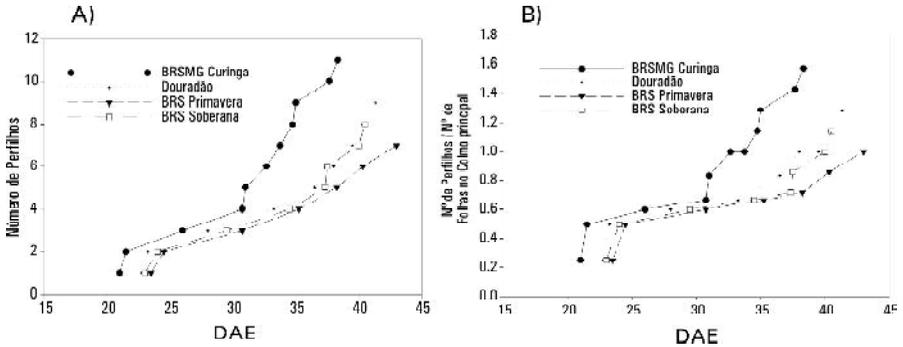


Fig. 8. Dinâmica do a) número de perfilhos, b) da relação número de perfilhos/número de folhas no colmo principal em função de dias após a emergência (DAE).

A dinâmica do perfilhamento é ilustrada nas Fig. 8a e 8b. Nesse estudo, a emergência do perfilhamento ocorreu após a formação da 4^a folha no colmo principal, resultado semelhante ao encontrado por Murata e Matsushima (1975). O início do perfilhamento está correlacionado ao aumento na TAF (Fig. 7b). Das cultivares estudadas, a BRSMG Curinga foi a que apresentou o maior número de perfilhos, 11, seguida da Douradão, 9, BRS Soberana, 8, e BRS Primavera, 7 (Fig. 8a). Basicamente, as quatro cultivares apresentaram a mesma tendência na dinâmica do perfilhamento, contudo foi a cultivar BRSMG Curinga que apresentou o maior número de perfilhos/planta e a primeira a iniciar a emissão dos perfilhos (Fig. 2 e 8a).

Taxa de Crescimento

As taxas de crescimento (TC) para as cultivares em função dos DAE são apresentadas na Fig. 9. Observa-se que a TC inicial (até 40 DAE) das cultivares BRS Primavera e BRSMG Curinga foram semelhantes. A cultivar Douradão apresentou o maior valor para TC inicial.

A taxa relativa de crescimento (TRC) representa o aumento em gramas de biomassa seca por unidade de material presente num período de observação; assim, qualquer incremento ao longo de um determinado período estará diretamente relacionado à biomassa alcançada ao longo de um intervalo anterior. A TRC é apresentada na Tabela 4. A cultivar BRSMG Curinga apresentou o maior valor de TRC no período V2 a V4, seguida da Douradão e BRS Primavera. Basicamente, não há muita diferença entre a TRC para os períodos V2-V4 a V4-

V6. Entretanto, após a V6, há queda nos valores da TRC, principalmente para a cultivar Douradão. Fato esse, provavelmente relacionado ao início da diferenciação da panícula.

Tabela 4. Valores da taxa relativa de crescimento das cultivares BRSMG Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana em função dos diferentes estágios de desenvolvimento.

Períodos ¹	Taxa relativa de crescimento (g/planta DAE)			
	BRSMG Curinga	BRS Primavera	Douradão	BRS Soberana
V2 – V4	0,18	0,16	0,17	-
V4 - V6	0,17	0,16	0,15	-
V6 – V8	0,13	0,12	0,10	0,13

1V2-V4 – Período entre a 2ª folha e a 4ª folha desenvolvida no colmo principal; V4-V6 - Período entre a 4ª folha e a 6ª folha desenvolvida no colmo principal e V6-V8 - Período entre a 6ª folha e a 8ª folha desenvolvida no colmo principal.

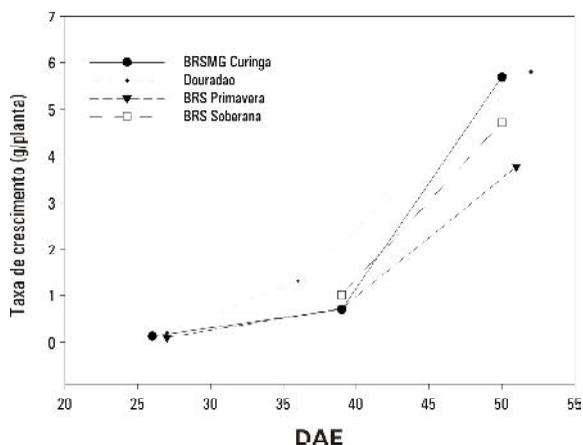


Fig. 9. Taxa de crescimento de quatro cultivares de arroz de terras altas em função de dias após a emergência (DAE).

Área Específica Foliar

A área específica foliar (AEF) representa a demanda conflitante do investimento da folha em área fotossintética em detrimento da espessura foliar (CRAWLY, 2001). O aumento da área fotossintética aumenta a captura de luz, mas implica em maior evapotranspiração. Por outro lado, o aumento da espessura da folha diminui a captura de luz, reduzindo a evapotranspiração. Observa-se na Fig.10

que a cultivar Douradão apresentou os maiores valores de AEF, em função das folhas serem de maior comprimento (Fig. 7a). Essa característica é desejável na competição com plantas daninhas. A partir da 6ª folha desenvolvida no colmo principal, os valores da AEF da cultivar Douradão aproximam-se dos valores das demais cultivares estudadas.

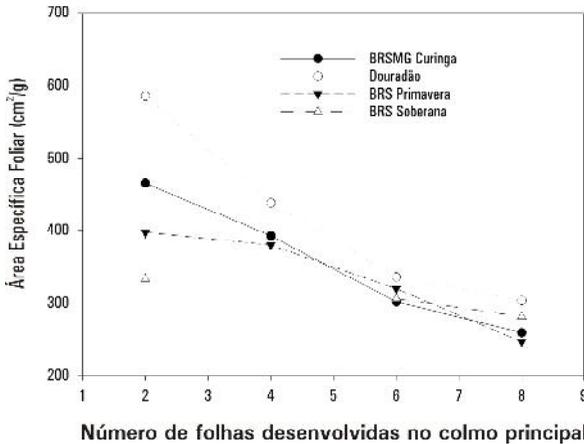


Fig. 10. Área específica foliar para as cultivares BRSMG Curinga, BRS Primavera, Douradão e BRS Soberana em função do número de folhas desenvolvidas no colmo principal.

Conclusões

As quatro cultivares estudadas, em condições de crescimento potencial, não apresentaram diferenças morfológicas marcantes na fase vegetativa. Entretanto, destaca-se a cultivar Douradão, que apresentou maior comprimento de folhas e maior área específica foliar, tendo assim uma área maior para absorção de radiação solar. Essa característica é importante para semeadura em espaçamentos maiores entre linhas, como se verifica no Sistema Plantio Direto.

O filocrono, intervalo de emergência de folhas sucessivas no colmo, não diferiu entre as cultivares, mas sim entre as fases utilizadas para calcular o parâmetro. Dessa forma, há a possibilidade de utilizar o valor do filocrono entre as fases da emissão da primeira folha e a diferenciação da panícula como indicadores importantes para a aplicação da segunda parcela de nitrogênio na cultura do arroz de terras altas.

Referências

- CAO, W.; MOSS, D. N. Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 4, p. 1018-1021, July/Aug. 1989.
- CRAWLY, M. J. (Ed.). **Plant ecology**. Oxford: Blackwell Science, 2001. 703 p.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHEL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000.
- DINGKUHN, M.; JOHNSON, D. E.; SOW, A.; AUDEBERT, A. Y. Relationships between upland rice canopy characteristics and weed competitiveness. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 79-95, Mar. 1999.
- GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 105, n. 1, p. 191-197, May 1994.
- HAUN, J. R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 6, p. 116-119, 1973.
- ITOH, Y.; SATO, S.; SANO, Y. Developmental changes of phyllochron in nearisogenic lines of rice (*Oryza sativa* L.) with different growth durations. **Euphytica**, Wageningen, v. 119, n. 3, p. 271-278, 2001.
- LEMERLE, D.; GILL, G. S.; MURPHY, C. E.; WALKER, S. R.; COUSENS, R. D.; MOKHTARI, S.; PELTZER, S. J.; COLEMAN, R.; LUCHETT, D. J. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 52, n. 5, p. 527-548, 2001.
- LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; RICHARDS, A. R. Variation in temperate cereals in rainfed environments. II: phasic development and growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 63-75, 1994.
- MAAN, A. A. S.; WRIGHT, D.; ALCOCK, M. B. Effects of sowing date, sowing density and nitrogen supply on leaf extension in spring barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 113, n. 3, p. 305-315, Dec. 1989.
- MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L. T. (Ed.). **Crop physiology**: some case histories. London: Cambridge University Press, 1975. p. 73-99.

NASCIMENTO JUNIOR, D. do; GARCEZ NETO, A. F.; BARBOSA, R. A.; ANDRADE, C. M. S. de. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 149-196.

NEMOTO, K.; MORITA, S.; BABA, T. Shoot and root development in rice related to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 24–29, Jan./Feb. 1995.

RICHARDS, R. A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 447–458, 2000.

SIDDIQUE, K. H. M.; TENNAT, D.; PERRY, M. W.; BELFORD, R. K. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 41, n. 3, p. 431-447, 1990.

STRECK, N. A.; HAMILTON, S. M.; ROSA T.; WALTER, L. C.; BOSCO, L. C.; PAULA, G. M. de; CAMERA, C.; SAMBORANHA, F. K.; MARCOLIN E.; LOPES S. J. Phyllochron of rice genotypes as a function of sowing date. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 323-329, 2007.

TIVET, F.; PINHEIRO, B. da S.; RAISSAC, M. de; DINGKUHN, M. Leaf blade dimensions of rice (*Oryza sativa* L., and *Oryza glaberrima* Stend). Relationship between tillers and the main stem. **Annals of Botany**, London, v. 88, n. 3, p. 507-511, Sept. 2001.

VERGARA, B. S.; CHANG, T. T. **The flowering response of the rice plant to photoperiod**. 4. ed. Los Baños: IRRI, 1985. 61 p.

WANG, F.; CHENG, F.; ZHANG, G. Difference in grain yield and quality among tillers in rice genotypes differing in tillering capacity. **Rice Science**, Hangzhou, v. 14, n. 2, p. 135-140, June 2007.

WATANABE, T.; HANAN, P. M. R.; HAZEGAWA, T.; NAKAGAWA, H.; TAKAHASHI, W. Rice morphogenesis and plant architecture: measurement, specification and the reconstruction of structural development by 3D architectural modelling. **Annals of Botany**, London, v. 95, n. 7, p. 1131-1143, 2005.

XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 175, n. 3, p. 261-270, July 2004.

