



Graus-dia para atingir estádios fenológicos de subgrupos de cultivares de arroz irrigado por inundação

Silvio Steinmetz^{1(*)}, Santiago Vianna Cuadra², Ivan Rodrigues de Almeida², Ariano Martins de Magalhães Júnior¹ e Paulo Ricardo Reis Fagundes¹

¹Embrapa Clima Temperado. Rodovia BR 392, km 78, Cx. Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

E-mails: silvio.steinmetz@embrapa.br, ariano.martins@embrapa.br e paulo.fagundes@embrapa.br

²Embrapa Informática Agropecuária. Av. Dr. André Tosello, 209 – Cidade Universitária, CEP 13083-886 Campinas, SP.

E-mails: santiago.cuadra@embrapa.br e ivan.almeida@embrapa.br

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 12 de novembro de 2020

Aceito em 20 de fevereiro de 2021

Termos para indexação:

Oryza sativa L.

soma térmica

fenologia

manejo da cultura

RESUMO

A pesquisa recomenda que o manejo seja realizado de acordo com os estádios de desenvolvimento da planta (EDP). Por serem influenciados pela temperatura, e especialmente o estágio R1 (diferenciação da panícula), recomenda-se expressar os EDP em dias, porém estimados por meio de graus-dia (GD). O objetivo deste trabalho foi determinar os graus-dia necessários para atingir seis EDP de sete subgrupos de cultivares de arroz irrigado. Experimentos de campo foram conduzidos na Embrapa Clima Temperado (ETB), município de Capão do Leão, RS, durante 12 safras, utilizando-se seis épocas de semeadura por safra. Dez plantas de cada cultivar foram marcadas e tiveram os EDP determinados durante o ciclo. Os GD (°C dia) foram calculados por meio do somatório da diferença entre a temperatura média diária do ar (T_m) e a temperatura base ($T_b=11^\circ\text{C}$), da emergência até a data de cada estágio. Os resultados indicaram que os GD para atingir o estágio R1 representaram cerca de 48% do ciclo total (R9), na média dos sete subgrupos, variando de 42% para o subgrupo Muito Precoce 1 a 57% para o subgrupo Tardio. Os GD para atingir cada um dos seis EDP, exceto da emergência ao estágio de quatro folhas (E-V4), variam de acordo com o ciclo das cultivares.

© 2021 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, tendo contribuído, na safra 2018/2019, com 71% da produção nacional (Conab, 2019). Embora os níveis de produtividade sejam relativamente altos ($7,38 \text{ t ha}^{-1}$), acredita-se que estes possam ser ainda maiores se forem melhorados alguns aspectos relaciona-

dos com o manejo da cultura. Para isso, é importante que a época de aplicação de uma determinada prática cultural, como a adubação nitrogenada em cobertura, o manejo da água, o controle de plantas daninhas, de insetos-praga, de doenças, ou o momento da colheita, seja realizada no estágio de desenvolvimento da planta (EDP) mais apropriado (Sosbai, 2018).

O problema é que a ocorrência desses estádios, espe-

cialmente o de diferenciação da panícula (R1), é muito variável por ser dependente da temperatura do ar e/ou água (Stansel, 1975; Wilson Jr. et al., 2015). Por isso, é preferível expressar-se o estágio R1 e os demais EDP em dias, porém estimados por meio de graus-dia (GD), ou soma térmica (ST), ao invés do número de dias do calendário (Streck et al., 2006a; Steinmetz et al., 2009a; 2013b). Por essa razão, foi desenvolvido um programa denominado GD Arroz (<http://www.agromet.cpact.embrapa.br>) que permite estimar a data de ocorrência de seis EDP, de sete subgrupos de cultivares, visando o manejo da cultura (Steinmetz et al. 2015). Para subsidiar esse programa é importante determinar-se, em condições de campo, a soma térmica necessária para atingir os principais EDP das novas cultivares lançadas no mercado, como descrito em Steinmetz et al. (2009b; 2017).

O conhecimento da época de ocorrência dos subperíodos críticos da planta a estresses abióticos, como baixas ou altas temperaturas da água e/ou ar, por exemplo, pode ser útil para diminuir o efeito de baixas temperaturas pela elevação da lâmina de água entre os estádios de emborrachamento (R2) até o início da floração (R4) (Sosbai, 2018); para avaliar a influência de altas temperaturas do ar sobre a esterilidade de espiguetas ou a produtividade de grãos (Prasad et al., 2006); ou para estabelecer a relação entre baixas temperaturas do ar e produtividade de grãos (Steinmetz et al., 2013a).

Em geral, a data de ocorrência dos principais EDP é determinada em experimentos de campo, em diversas épocas de semeadura, utilizando-se de uma escala fenológica (Watson et al., 2004; Streck et al., 2006a; Steinmetz et al., 2017). É recomendável que também seja determinada a soma térmica, ou graus-dia, necessários para atingir cada um dos EDP, pois isso permite extrapolar para outras áreas as informações obtidas para uma dada localidade, como indicam as experiências com os programas DD 50, nos Estados Unidos da América do Norte (Wilson Jr. et al., 2015), e com o GD Arroz, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Steinmetz et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi determinar os graus-dia necessários para atingir seis estádios de desenvolvimento da planta (V4, R1, R2, R4, R8 e R9) de sete subgrupos de cultivares de arroz irrigado, visando a melhoria do manejo da cultura.

Material e métodos

Os experimentos de campo foram realizados na área da Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS (latitude de 31°52' S; longitude de 52°21' W e altitude de 13 m), durante um período de doze safras (2004/2005 – 2015/2016). O clima local, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, que corresponde ao subtropical úmido, com verões

quentes e sem estação seca definida (Wrege et al., 2011). O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico eutrófico típico (Santos et al., 2018). As parcelas tinham dimensões de 5m de comprimento e 1,58m de largura, constando de 9 linhas espaçadas de 17,5cm. Para a safra 2004/05, as adubações de base e em cobertura, baseadas na análise do solo, e os demais tratamentos culturais seguiram as recomendações da Sosbai (2003). A adubação e os tratamentos culturais para as demais safras foram feitos de acordo com as recomendações técnicas da Sosbai vigentes à época. Considerou-se como data de emergência quando em torno de 50% das plântulas da parcela eram visíveis acima do nível do solo.

Em geral, foram utilizadas doze cultivares e seis épocas de semeadura (de início de setembro a meados de dezembro) em cada safra. Entretanto, ao longo das safras, algumas cultivares foram sendo substituídas por outras fazendo com que fosse variável o número de safras de cada cultivar. Neste trabalho foram avaliadas 34 cultivares, envolvendo os quatro ciclos preconizados pela Sosbai (2018), mas subdividindo-os em sete subgrupos (Tabela 1). Essa subdivisão em subgrupos visou atender as necessidades do programa GD Arroz (Steinmetz et al., 2015) de modo que as datas de ocorrência dos estádios das cultivares pudessem ser estimadas, com razoável acuracidade, a partir dos subgrupos a que elas pertencem.

Foram marcados os colmos principais de dez plantas de cada cultivar e tiveram o desenvolvimento acompanhado durante todo o ciclo, caracterizando-se cada estágio de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). Foram feitas de duas a três leituras por semana. Datas médias para cada estágio foram obtidas a partir das observações dessas plantas. O estágio R1 (diferenciação da panícula) foi determinado pelo método descrito por Steinmetz et al. (2009a).

Os seis estádios considerados neste trabalho foram: V4: planta com quatro folhas; R1: diferenciação da panícula; R2: formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R4: antese (uma ou mais espiguetas); R8: maturidade de um grão isolado; R9: maturidade completa dos grãos da panícula. Para melhor caracterizar o comportamento fenológico dos sete subgrupos de cultivares foram estabelecidos seis subperíodos subsequentes de desenvolvimento da planta (E-V4; V4-R1; R1-R2; R2-R4; R4-R8 e R8-R9). Também estabelecerem-se três períodos mais abrangentes denominando-os, respectivamente, de período vegetativo (E-R1), período reprodutivo 1 (R1-R4) e período reprodutivo 2 (R4-R9). A razão disso é que, antes do trabalho de Counce et al. (2000), consideravam-se os períodos E-R1, R1-R4 e R4-R9, respectivamente, como fase vegetativa, fase reprodutiva e fase de maturação (Yoshida, 1981). Na escala de Counce et al. (2000), o primeiro período corresponde à fase vegetativa e os outros dois fazem parte da fase reprodutiva.

Tabela 1. Cultivares pertencentes a cada subgrupo indicando, entre parênteses, o comprimento médio do ciclo de acordo com a SOSBAI(*) e, entre colchetes, o número de safras em que os dados foram coletados para a referida cultivar.

Subgrupo	Cultivares pertencentes a cada subgrupo
Muito Precoce 1 (MP1)	IRGA 421(95) [7]
Muito Precoce 2 (MP2)	BRS Atalanta (100) [12] BRS Ligeirinho (95) [2]
Precoce 1 (P1)	BRS 6 “Chui” (110) [5] BRS Querência (110) [12]
Precoce 2 (P2)	BRS Pampa (118) [8] BRS Firmeza (120) [5] IRGA 417 (115) [9] IRGA 422 CL (120) [3] IRGA 423 (120) [3] IRGA 430 (120) [1] Avaxi CL (120) [7] Inov CL (120) [7] Titan CL (120) [1] Guri Inta CL (120) [3] Puitá Inta CL (120) [5]
Médio 1 (M1)	BRS Pelota (125) [6] BRSCIRAD 302 (128) [3] BRS Sinuelo CL (130) [7] BR-IRGA 410 (123) [4] BR-IRGA 409 (126) [5] IRGA 429 (124) [1] IRGA 426 (125) [3] IRGA 428 CL (125) [2] Lexus CL (128) [3]
Médio 2 (M2)	BRS 7 “Taim” (130) [5] BRS Bojuru (135) [2] BRS Fronteira (135) [8] IRGA 424 (132) [8] IRGA 424 RI (133) [1] IRGA 425 (132) [3] RGA 427 (136) [2]
Tardio (T)	SCS BRS Tio Taka (141) [6] Epagri 109 (142) [4]

(*)SOSBAI = Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil.

Os graus-dia (°C dia) foram calculados utilizando o método descrito por Slaton et al. (1996), ou seja, por meio do somatório da diferença entre a temperatura média diária do ar (Tm) e a temperatura base (Tb), da emergência até a data de cada estágio. A Tm foi obtida pela média aritmética entre as temperaturas máxima (Tx) e mínima (Tn). Antes de calcular-se a Tm, foram aplicados os limites de 34 °C e de 21 °C (Slaton et al., 1996), respectivamente, para a Tx e a Tn, ou seja, valores superiores a estes foram desconsiderados. A Tb utilizada foi 11°C (Infeld et al., 1996). Os graus-

-dia necessários para atingir cada estágio, das cultivares de cada subgrupo, representam a média das seis épocas de semeadura, em cada safra, e das várias safras em que a cultivar foi utilizada.

A comparação dos subgrupos de cultivares quanto aos graus-dia necessários para atingir os seis estágios, os seis subperíodos e os três períodos de desenvolvimento da planta foi realizada utilizando o método não-paramétrico de Mood, uma vez que os dados (resíduos) não apresentaram distribuição normal (Siegel & Castellan Jr., 1988).

Resultados e discussão

Os graus-dia (GD), ou soma térmica (ST), para atingir cada um dos seis estágios de desenvolvimento da planta (EDP) indicaram diferenças acentuadas entre os subgrupos como decorrência do comprimento do ciclo das cultivares pertencentes a esses subgrupos. Para a maioria dos EDP, excetuando-se o estágio V4, houve diferença estatística entre os subgrupos (Tabela 2 e Figura 1).

A ST para atingir o estágio R1 representou cerca de 48% do ciclo total (R9), na média dos sete subgrupos, variando de 42% para o subgrupo Muito Precoce 1 (476 sobre 1122 °C dia) a 57% para o subgrupo Tardio (968 sobre 1708 °C dia) (Tabela 2). Esses percentuais são semelhantes aos obtidos anteriormente com outras cultivares (Steinmetz et al., 2009a). Na média dos sete subgrupos, a ST para atingir o estágio R4 representou cerca de 77% do ciclo total (R9), variando de 73% para o subgrupo Muito Precoce 1 (816 sobre 1122 °C dia) a 87% para o subgrupo Tardio (1480 sobre 1708 °C dia) (Tabela 4). O percentual médio dos sete subgrupos (77%) é muito próximo do valor médio de 74% obtido por Watson et al. (2004), para doze cultivares, em Arkansas (EUA).

A data de ocorrência do estágio R1 é muito influenciada pelas condições meteorológicas, em especial a temperatura, podendo apresentar diferenças significativas entre as cultivares, independentemente dos subgrupos aos quais essas pertençam, de acordo com a época de semeadura. Semeaduras antecipadas e tardias tendem, respectivamente, a alongar e a encurtar o subperíodo da emergência ao estágio R1 (Steinmetz et al., 2009ab; Singh et al., 2012). Essas diferenças tendem a diminuir quando expressas em GD (Steinmetz et al., 2009a). O fotoperíodo é outro fator que pode interferir na duração desse subperíodo, dependendo da sensibilidade da cultivar e da época de semeadura (Yoshida, 1981; Streck et al., 2006b). Os valores de GD da Tabela 2, para atingir o estágio R1, indicam apenas as diferenças entre os subgrupos, pois representam as médias de seis épocas de semeadura, de várias safras.

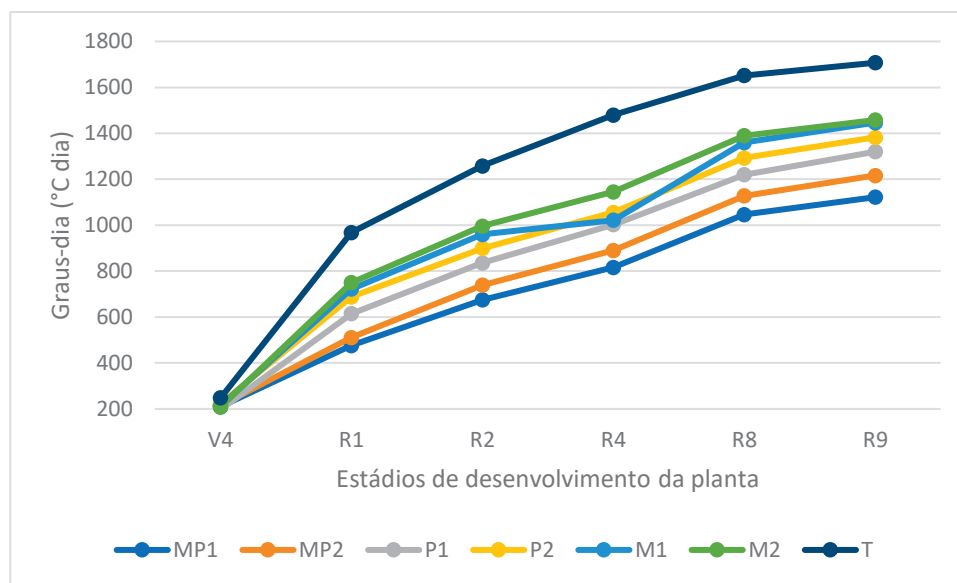
A época de semeadura utilizada nos experimentos pode ser uma das explicações para as diferenças em GD desse e de outros trabalhos com arroz irrigado no Estado indica-

Tabela 2. Graus-dia (°C dia) médio da emergência a cada um dos seis estádios de desenvolvimento da planta, de sete subgrupos de cultivares de arroz irrigado, obtido em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do Leão, RS.

Subgrupo	Graus-dia (°C dia) médio da emergência ao estádio					
	V4	R1	R2	R4	R8	R9
Muito Precoce 1	210 a	476 e	675 e	816 f	1046 f	1122 e
Muito Precoce 2	214 a	511 e	739 e	890 e	1128 e	1216 d
Precoce 1	197 a	615 d	836 e	1002 d	1220 d	1320 c
Precoce 2	222 a	688 c	899 c	1056 c	1293 c	1382 c
Médio 1	214 a	722 b	960 b	1022 b	1360 b	1446 b
Médio 2	208 a	750 b	996 b	1145 b	1390 b	1458 b
Tardio	248 a	968 a	1258 a	1480 a	1652 a	1708 a

V4=Planta com 4 folhas; R1= Diferenciação da panícula; R2= Formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R4= Antese (uma ou mais espiguetas); R8= Maturidade de um grão isolado; R9= Maturidade completa dos grãos da panícula. Valores com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Mood (a 95% de confiança).

Figura 1. Graus-dia (°C dia) médio da emergência a cada um dos seis estádios de desenvolvimento da planta, de sete subgrupos (MP1= Muito Precoce 1; MP2=Muito Precoce 2; P1=Precoce 1; P2=Precoce 2; M1=Médio 1; M2=Médio 2; T=Tardio) de cultivares de arroz irrigado, obtido em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do Leão, RS.



dos na literatura. Streck et al. (2006a), por exemplo, para o ciclo total de desenvolvimento (E-R9) das cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 409 encontraram os valores de 1681,7 °C dia e 1903,4 °C dia, respectivamente. Esses valores são mais altos que os 1382 °C dia e 1446 °C dia, necessários para atingir o estádio R9, respectivamente, dos subgrupos Precoce 2 e Médio 1 aos quais essas cultivares pertencem. Acredita-se que as épocas de semeaduras muito tardias, em janeiro e até em março, sejam as explicações para os valores de GD mais altos encontrados por esses autores. Nessas semeaduras tardias, outro fator que pode ter contribuído para a elevação dos valores de GD é a influência do fotoperíodo no aumento do ciclo dessas cultivares como indicam os resultados de Streck et al. (2006b).

Da mesma forma, o atraso do início da semeadura em

cerca de um mês (de início de outubro ao invés de início de setembro), pode explicar o valor mais baixo (638 °C dia) para atingir o estádio R1 das cultivares de ciclo médio, indicado por Infeld et al. (1998), comparado com o subgrupo Médio 1 desse estudo (722 °C dia), ao qual pertencem as cultivares BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410 utilizadas no referido trabalho. Além da época de semeadura, é provável que parte dessa diferença possa ser atribuída às demais cultivares que pertencem ao subgrupo.

A análise dos resultados indicou que houve diferença estatística entre os subgrupos, para os subperíodos avaliados, excetuando-se os da emergência ao estádio de quatro folhas (E-V4), do emborrachamento ao início da antese (R2-R4) e da antese à maturidade de um grão isolado (R4-R8) (Tabela 3).

Tabela 3. Graus-dia (°C dia) médio entre os principais estádios de desenvolvimento da planta, de sete subgrupos de cultivares de arroz irrigado, obtido em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do Leão, RS.

Subgrupo	Graus-dia (°C dia) médio entre os principais estádios					
	E-V4	V4-R1	R1-R2	R2-R4	R4-R8	R8-R9
Muito Precoce 1	210 a	267 e	199 de	140 a	230 a	89 a
Muito Precoce 2	214 a	297 e	229 c	151 a	241 a	87 a
Precoce 1	197 a	419 d	221 cd	166 a	228 a	98 a
Precoce 2	222 a	466 c	211 d	157 a	242 a	89 a
Médio 1	214 a	506 c	239 c	162 a	241 a	92 a
Médio 2	208 a	542 b	247 b	149 a	237 a	77 a
Tardio	248 a	721 a	290 a	159 a	234 a	57 b

E-V4=da emergência ao estádio de 4 folhas; V4-R1= do estádio de 4 folhas à diferenciação da panícula; R1-R2= da diferenciação da panícula à formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R2-R4= do emborrachamento à antese (uma ou mais espiguetas); R4-R8= da antese à maturidade de um grão isolado; R8-R9= da maturidade de um grão isolado à maturidade completa dos grãos da panícula.

Valores com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Mood (a 95% de confiança).

Quando se considerou a média dos sete subgrupos, o subperíodo V4-R1 foi o que apresentou o maior valor de ST (460 °C dia), seguido dos subperíodos R4-R8 (236 °C dia) e R1-R2 (234 °C dia). Proporcionalmente, esses três subperíodos representaram em torno de 33%, 17% e 17%, respectivamente, da ST do ciclo completo (1379 °C dia), ou seja, da emergência à maturação completa dos grãos (E-R9). Esse comportamento está de acordo com os resultados de duração média desses subperíodos indicados por Steinmetz et al. (2017). O valor de 17%, relativo à ST média dos subgrupos do subperíodo R4-R8 em relação à ST do ciclo total desse trabalho, é exatamente igual aos 17% encontrados por Watson et al. (2004) ao avaliar a ST de doze cultivares de arroz irrigado em Arkansas (EUA).

Os resultados indicaram diferença estatística entre a maioria dos subgrupos apenas para os períodos vegetativo (E-R1) e reprodutivo 1 (R1-R4) (Tabela 4), provavelmente por serem esses os períodos responsáveis pelas partes mais expressivas do ciclo total das cultivares, como indicam resultados obtidos anteriormente (Steinmetz et al., 2009b; 2017).

Quando se considerou a média dos sete subgrupos, o período E-R1 foi o que apresentou o maior valor de ST (676 °C dia), seguido dos períodos R1-R4 (338 °C dia) e R4-R9 (317 °C dia). Proporcionalmente, esses três períodos representaram em torno de 49%, 28% e 23%, respectivamente, da ST do ciclo completo (1379 °C dia), ou seja, da emergência à maturação completa dos grãos (E-R9). Esses resultados estão de acordo com os indicados anteriormente por Steinmetz et al. (2009b), para um grupo de 16 cultivares. O valor de 23% relativo à ST média dos subgrupos do período R4-R9, em relação à ST do ciclo total desse trabalho, é semelhante aos 26% encontrados por Watson et al. (2004).

Uma das dificuldades encontradas para comparar os resultados com os obtidos por outros autores diz respeito à duração do período vegetativo, que neste trabalho foi da emergência à diferenciação da panícula (E-R1), enquanto que outros autores assumiram que o mesmo foi da emergência ao emborrachamento (E-R2) (Watson et al., 2004; Streck et al., 2006a). É provável que isso se deva ao fato do estádio R2 ser facilmente identificado a campo, sem a necessidade de fazer-se a amostragem destrutiva de plan-

Tabela 4. Graus-dia (°C dia) médio nos períodos vegetativo (E-R1), reprodutivo 1 (R1-R4) e reprodutivo 2 (R4-R9), de sete subgrupos de cultivares de arroz irrigado, obtido em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do Leão, RS.

Subgrupo	Graus-dia (°C dia) médio nos períodos		
	E-R1 (PV)	R1-R4 (PR1)	R4-R9 (PR2)
Muito Precoce 1	476 e	339 d	307 a
Muito Precoce 2	511 e	379 bc	326 a
Precoce 1	615 d	387 bc	318 a
Precoce 2	688 c	368 c	327 a
Médio 1	722 b	400 b	333 a
Médio 2	750 b	396 b	317 a
Tardio	968 a	450 a	291 a

E-R1= da emergência à diferenciação da panícula (Período vegetativo - PV); R1-R4= da diferenciação da panícula à antese (Período reprodutivo 1 - PR1); R4-R9= da antese à maturidade completa dos grãos da panícula (Período reprodutivo 2 - PR2).

Valores com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Mood (a 95% de confiança).

tas como ocorre para determinar-se o estágio R1 (Stansel, 1975; Steinmetz et al., 2009a). O problema é que a diferença entre os estádios R1-R2 pode ser de grande magnitude. Nesse estudo variou entre 15 e 26 dias, respectivamente, para os subgrupos MP1 e T. Dessa forma, quando há necessidade de determinar-se a duração do período vegetativo com maior acurácia, visando alguma prática de manejo, recomenda-se utilizar um método que permita determinar o estágio de diferenciação da panícula (R1) e, se possível, o de iniciação da panícula (IP). Esse é o caso, por exemplo, da adubação nitrogenada em cobertura (ANC), que deve ser aplicada no estágio de iniciação da panícula (R0) de acordo com a Sosbai (2018). Como esse estágio é difícil de ser visualizado diretamente na planta, em condições de lavoura, Steinmetz et al. (2014; 2015) sugerem utilizar o método de graus-dia para estimar o estágio R1, visível a olho nu, que ocorre, em média, quatro dias após o estágio R0 (Carli, 2016). Dessa forma, é possível planejar para que a ANC seja feita, no mínimo quatro dias antes da data estimada de R1, de modo que o nitrogênio esteja disponível para as plantas no estágio R0, como recomendado pela Sosbai (2018).

Os resultados obtidos neste trabalho são um avanço em relação aos de Steinmetz et al. (2009b; 2015) pelo fato de terem sido avaliados sete subgrupos de comprimento de ciclo, envolvendo 34 cultivares, gerando informações sobre a ST necessária para atingir os principais estádios de desenvolvimento da planta, de diversas cultivares que foram lançadas no mercado nos últimos anos.

Conclusões

- Os graus-dia necessários para atingir cada um dos seis estádios de desenvolvimento da planta, exceto da emergência ao estágio de quatro folhas (E-V4), variam de acordo com o ciclo das cultivares, sendo menores nos subgrupos Muito Precoce 1 e 2, intermediários nos subgrupos Precoce 1 e 2, e Médio 1 e 2, e maiores no subgrupo Tardio;

- Os graus-dia para completar o período vegetativo correspondem a cerca de 48% do ciclo total, sendo esse período o que apresenta as maiores diferenças entre os sete subgrupos de cultivares quando comparado aos períodos reprodutivos 1 e 2.

Contribuição dos autores

S. STEINMETZ foi o responsável pela concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados e redação do artigo. S.V. CUADRA e I. R. de ALMEIDA colaboraram na redação do artigo. A. M. MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. e P. R. R. FAGUNDES auxiliaram na definição das cultivares a serem avaliadas em cada safra e na redação do artigo.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos estagiários da Embrapa Clima Temperado que ajudaram na obtenção dos dados fenológicos ao longo dos anos: Alexandre N. Deibler; Anderson B. Schneider; André da R. Ulguim; Eduardo Goulart; Felipe L. de L. Nobre; Igor N. Schneid; Jackson B. A. Pintanel; Jonathan G. Oliveira; Rafael C. Santos; Shemene J. S. A. Audeh; Silas S. Costa; à assistente Denise D. Dos Santos pelo auxílio na tabulação dos dados; e ao Pesquisador Ricardo A. Valgas pela análise estatística dos dados.

Referências

- CARLI, C. De; STEINMETZ, S.; STRECK, N. A.; MARCHESAN, E.; SILVA, M. R. da. Número de dias e de graus-dia entre a iniciação e a diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 428-433, mar., 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141057>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira – grãos. V.6 – Safra 2018/19 – N. 12 – Décimo segundo levantamento – Setembro 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em 15 abr. 2020.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- PRASAD, P. V. V.; BOOTE, K. J.; ALLEN JR., L. H. SHEELY, J. E.; THOMAS, J. M. G. Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperatures stress. *Field Crop Research*, 95, p. 398-411, 2006. Disponível em: www.sciencedirect.com Acesso 30 out. 2016.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso 10 fev. 2021.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. Jr. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2nd ed., New York: McGraw-Hill, 1988.
- SINGH, A. K.; CHANDRA, N.; BHARTI, R. C.. Effects of genotype and planting time on phenology and performance of rice (*Oryza sativa* L.). *Vegetos*, Patna, v. 25, n. 1, p. 151-156, 2012. Disponível em: <http://icarrcer.in/wp-content/uploads/2016/01/EffectOfGenotype.pdf> Acesso em 14 jun. 2017.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (25.: 2003: Balneário Camboriú, RS). **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, SC:SOSBAI, 2003. 126p.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (32.: 2018 : Farroupilha, RS). **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205p.
- STANSEL, J.W. **The rice plant – its development and yield**. In: SIX DECADES OF RICE RESEARCH IN TEXAS. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station, 1975. p. 9-21.
- STEINMETZ, S.; FAGUNDES, P. R. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; SCIVITTARO, W. B.; DEIBLER, A. N.; ULGUIM, A. da R.; NOBRE, F. L. de L.; PINTANEL, J. B. A.; OLIVEIRA, J. G.; SCHNEIDER, A. B. **Determinação dos graus-dia e do número de dias para atingir o estágio de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2009a. 29p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88).

STEINMETZ, S.; FAGUNDES, P. R. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; SCIVITTARO, W. B.; DEIBLER, A. N.; ULGUIM, A. da R.; NOBRE, F. L. de L.; PINTANEL, J. B. A.; OLIVEIRA, J. G.; SCHNEIDER, A. B. **Soma térmica e número de dias para atingir os principais estádios de desenvolvimento de 16 cultivares de arroz irrigado**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2009b. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).

STEINMETZ, S.; DEIBLER, A.; N.; SILVA, J. B. da. Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, p. 206-211, fev., 2013a.

STEINMETZ, S.; PETRINI, J. A.; ALMEIDA, I. R. de; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; DEIBLER, A. N.; RADIN, B.; PRESTES, S. D.; SILVA, M. F. da; BERMUDEZ, D. A. **Uso do método de graus-dia para estimar a data de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento de subgrupos de cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Versão Resumida. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2013b. 108p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 205).

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, E. L. dos; ALMEIDA, I. R. de. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula visando a adubação nitrogenada cobertura**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2014. 12p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 155).

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, E. L. dos; ALMEIDA, I. R. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia como suporte ao planejamento e à tomada de decisão no manejo do arroz irrigado**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2015. 8p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 162).

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; ALMEIDA, I. R. de.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R. **Soma térmica e estádios de desenvolvimento da planta de grupos de cultivares de arroz irrigado**. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 405-414, dez., 2017.

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, E. L. dos; ALMEIDA, I. R. de. **Fundamentos do programa GD Arroz, versões Web e Aplicativo, e seu uso no manejo do arroz irrigado**. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p. 1-10, jul., 2018.

STRECK, N.A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; WALTER, L. C.; MARCOLIN, E. **Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1086-1093, 2006a. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400007>

STRECK, N.A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; PAULA G. M. de; CAMARA, C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E. **Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado**. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.533-541, 2006b. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400001>

WATSON, N.T.; COUNCE, P.A.; SIEBENMORGEN, T.J. **Growth stages of 12 rice cultivars (*Oryza sativa* L.) expressed in DD50 thermal heat units**. Disponível em: http://www.arkrice.org/research_results/2004_PDFs/529_2.pdf Acesso 15 jul. 2006.

WILSON JUNIOR., C. E.; NORMAN, R. J.; SLATON, N. A.; BRANSON, J. W.; BOOTHE, D. L. **DD50 computerized rice management program**. Little Rock, AR: University of Arkansas: Division of Agriculture: Cooperative Extension Service [2015?]. (Agriculture and Natural Resources. Computer Technical Series). Disponível em: <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2124.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA I. R. de (Editores técnicos). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 211p.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.

REFERENCIAÇÃO

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; ALMEIDA, I. R., MAGALHÃES Jr., A. M.; FAGUNDES, P. R. R. **Graus-dia para atingir estádios fenológicos de subgrupos de cultivares de arroz irrigado por inundação**. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.29, e026815, 2021.



Degree-day to reach phenological stages of flood irrigated rice subgroups of cultivars

Silvio Steinmetz^{1(*)}, Santiago Vianna Cuadra², Ivan Rodrigues de Almeida², Ariano Martins de Magalhães Júnior¹ and Paulo Ricardo Reis Fagundes¹

¹Embrapa Clima Temperado. Rodovia BR 392, km 78, Cx. Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS, Brazil.

E-mails: silvio.steinmetz@embrapa.br, ariano.martins@embrapa.br and paulo.fagundes@embrapa.br

²Embrapa Informática Agropecuária. Av. Dr. André Tosello, 209 – Cidade Universitária, CEP 13083-886 Campinas, SP, Brazil.

E-mails: santiago.cuadra@embrapa.br and ivan.almeida@embrapa.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 November 2020

Accepted 20 February 2021

Index terms:

Oryza sativa L

thermal time

phenology

crop management

ABSTRACT

The research recommends that crop management be carried out according to the plant's development stages (PDS). As the PDS are influenced by temperature, and especially the stage R1 (panicle differentiation), it is recommended to express them in days, but estimated through degree-day (DD). The objective of this study was to determine the degree-day necessary to reach six PDS of seven subgroups of irrigated rice cultivars. Field experiments were conducted at Embrapa Clima Temperado (ETB), municipality of Capão do Leão, RS, Brazil, during 12 growing seasons, using six sowing dates per season. Ten plants of each cultivar were tagged and had the PDS monitored throughout the crop cycle. The DD (° C day) were calculated by the summation of the difference between the average daily air temperature (T_m) and the base temperature ($T_b = 11$ ° C), from the emergence until the date of each stage. The results indicated that the DD to reach the R1 stage represented about 48% of the total cycle (R9), in the average of the seven subgroups, varying from 42% for the subgroup Very Early 1 to 57% for the Late subgroup. The DD to reach each of the six PDS, except for the emergence to the four-leaf stage (E-V4), vary according to the cycle of the cultivars.

© 2021 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; ALMEIDA, I. R., MAGALHÃES Jr., A. M.; FAGUNDES, P. R. R. Graus-dia para atingir estádios fenológicos de subgrupos de cultivares de arroz irrigado por inundação. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.29, e026815, 2021.