

RESPOSTA À VERNALIZAÇÃO DE ALGUNS GENÓTIPOS BRASILEIROS DE TRIGO

CLEBER M. ALBERTO¹, NEREU A. STRECK², LIDIANE C. WALTER³, FELIPE BRENDLER³, ALENCAR J. ZANON³, HAMILTON T. ROSA³, LOVANE K. FAGUNDES⁴

¹ Eng. Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Bolsista CAPES, Fone: (0xx55)3220-8179, cleberalb@yahoo.com.br.

² Eng. Agrônomo, Prof. PhD, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. Fone: (0xx55)3220-8179, nstreck1@smail.ufsm.br

³ Aluno do curso de graduação em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS.

⁴ Eng^a Agrônoma, aluna do Programa Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, Santa Maria – RS.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Vernalização é o processo pelo qual as plantas são induzidas ao estágio reprodutivo através da exposição a temperaturas baixas não congelantes. A resposta de trigo a vernalização é geneticamente controlada. Trigos de primavera apresentam pouca ou nenhuma resposta a vernalização enquanto trigos de inverno apresentam uma forte resposta a vernalização. Funções de resposta a vernalização foram utilizadas por outros autores para caracterizar trigos de inverno, não sendo encontradas na literatura funções de resposta à vernalização para trigos de primavera. O objetivo do trabalho foi determinar a sensibilidade à vernalização de alguns genótipos de trigo de primavera do sul do Brasil e desenvolver uma função de resposta a vernalização para estes genótipos. Foram aplicados 8 tratamentos de vernalização (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de vernalização). A cultivar BRS Louro não respondeu aos tratamentos de vernalização. As cultivares BRS 177, CEP 51, CEP 52 e Nova Era apresentaram alguma resposta a vernalização. A cultivar BRS Tarumã apresentou resposta de desenvolvimento à vernalização semelhante a trigos de inverno.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum*L., modelagem, temperatura.

VERNALIZATION RESPONSE OF SOME BRAZILIAN WHEAT GENOTYPES

ABSTRACT: Vernalization is the process by which plants are inducted to enter the reproductive stage through an exposure to low, nonfreezing temperatures. The vernalization response is genetically controlled. Spring wheats have little or no response to vernalizing temperatures whereas winter wheats are strongly responsive to vernalizing temperatures. Vernalization response functions have been used by other authors to characterize winter wheats, but no indication of vernalization response functions for spring wheats were found in the literature. The objectives of this study were to evaluate vernalization response of some Brazilian spring wheat genotypes and develop a vernalization response function for these genotypes. Eight treatments (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 49 vernalization days) were used. The cultivar BRS Louro did not respond to vernalization. The cultivars BRS 177, CEP 51, CEP 52, and Nova Era had some vernalization response. The cultivar BRS Tarumã had a vernalization response similar to winter wheat.

KEYWORDS: *Triticum aestivum*L., modelling, temperature.

INTRODUÇÃO: O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando cerca de um sexto do total de área cultivada do planeta (FUNDACEP, 2005). No Brasil existe um grande número de genótipos de trigo recomendados para diferentes ambientes e finalidades. A caracterização do desenvolvimento e crescimento de genótipos é importante para auxiliar na seleção de genótipos mais apropriados a diferentes ambientes e na elaboração de modelos de desenvolvimento e crescimento para as culturas. A temperatura e o fotoperíodo são os elementos meteorológicos mais importantes que afetam a taxa de desenvolvimento das plantas de trigo. A exposição de plantas de trigo a baixas temperaturas pode diminuir o tempo (dias) para floração, sendo este processo denominado de vernalização (FLOOD & HALLORAN, 1986). Trigos de primavera e de inverno podem ser diferenciados através da resposta à vernalização (CUNHA et al., 1998). Trigos de primavera apresentam pouca resposta à vernalização ou não respondem à vernalização enquanto trigos de inverno possuem uma forte resposta à vernalização (FLOOD & HALLORAN, 1986). A resposta das plantas à vernalização é determinada por dois fatores, a temperatura durante a vernalização e a duração do período de vernalização (STRECK et al., 2003). A resposta do trigo a vernalização é representada em modelos de simulação do desenvolvimento através de respostas que variam de 0 a 1 (WANG & ENGEL, 1998), porém não foram encontradas na literatura funções de resposta a vernalização para trigos de primavera. O objetivo do trabalho foi determinar a sensibilidade à vernalização de alguns genótipos de trigo do sul do Brasil e desenvolver uma função de resposta a vernalização para estes genótipos.

MATERIAL E MÉTODOS: Um experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29°43'S; longitude: 53°43'W; altitude 95m). O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961). Utilizaram-se os genótipos, CEP 51, CEP 52 e Nova Era da Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (FUNDACEP) e BRS Louro, BRS 177 e BRS TARUMÃ da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que são genótipos recomendados no Rio Grande do Sul. As sementes foram colocadas em germinador durante um período de 24 horas à temperatura de 20°C. As sementes germinadas foram semeadas em bandejas com substrato comercial "PLANTIMAX" e colocadas em câmaras frigoríficas à temperatura média diária de 3,5°C onde permaneceram até a data de transplante. Os tratamentos foram 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de vernalização. O transplante ocorreu no dia 15/11/2006, em baldes plásticos pretos com capacidade de 12 litros enterrados no solo visando minimizar a absorção da radiação solar pelas paredes externas dos mesmos, os baldes foram preenchidos com substrato comercial "PLANTIMAX". O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições. Foram identificadas cinco plantas por balde com arames coloridos logo após o transplante. Os tratamentos culturais (adubação, aplicação de fungicidas, inseticidas, etc.) foram efetuados conforme a recomendação para a cultura do trigo (FUNDACEP, 2005). Foi realizada irrigação por aspersão sempre que necessário para manter as plantas em crescimento e desenvolvimento sem deficiência hídrica. Na haste principal das plantas etiquetadas foi anotada a data de antese e o número final de folhas por ocasião da antese (*NFF*). Os valores diários de temperatura mínima (T_n , °C) e máxima (T_x , °C) do ar durante a fase de campo foram coletados na Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Santa Maria pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia, localizada a aproximadamente 50 m da área experimental. A soma térmica diária (STd , °C.dia) foi calculada por : $STd = [(T_x + T_n) / 2] - T_b$, em que T_b é a temperatura base da cultura (°C). A soma térmica acumulada (STa , °C.dia) a partir da emergência foi calculada por:

$STa = \hat{a} \cdot STd$. A Tb utilizada foi de 0°C para todos os genótipos utilizados neste estudo. Resultados da literatura sugerem uma curva de resposta do desenvolvimento do trigo a vernalização sigmoideal (STRECK et al., 2003). Para caracterizar a função de resposta à vernalização foi utilizada a função de resposta de Morgan-Mercer-Flodin (MMF) descrita em STRECK et al. (2003): $f(V) = DEV^n / [(X_{0,5})^n + (DEV)^n]$, em que, DEV são os dias efetivos de vernalização, $X_{0,5}$ é o valor em que a resposta à vernalização é a metade da vernalização completa e n o coeficiente que dá a forma da curva. Para o cálculo dos dias efetivos de vernalização (DEV) foi utilizada a função beta com temperaturas cardinais mínima, ótima e máxima de -1,3, 4,9 e 15,7°C, respectivamente (WANG & ENGEL, 1998). Para obter respostas entre 0 e 1 os dados de soma térmica acumulada (STa , °C.dia) da emergência até a antese ($EM-AN$) foram normalizados conforme apresentado em STRECK et al. (2003) As funções de resposta à vernalização foram ajustadas através do programa estatístico “SAS”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A maneira mais simples de avaliar a sensibilidade de um genótipo à vernalização é através da diferença do NFF e/ou da soma térmica acumulada na fase $EM-AN$ entre o tratamento sem vernalização e o tratamento de maior tempo de vernalização. Utilizando-se estas duas variáveis, a sensibilidade dos seis genótipos utilizados neste estudo é apresentada na Tabela 1. A cultivar BRS Louro não se apresentou sensível ao tratamento de frio, pois a diferença de NFF foi de apenas uma folha e uma STa de apenas 32°C.dia para a fase $EM-AN$. No outro extremo apresenta-se a cultivar BRS Tarumã, que teve uma diferença no NFF de 7,6 folhas e as plantas do tratamento sem vernalização não alcançaram a antese, um comportamento típico de genótipos de trigo de inverno que tem forte sensibilidade à vernalização (BROOKING, 1996; RAWSON et al., 1998; STRECK et al., 2003). As outras quatro cultivares apresentaram sensibilidade à vernalização intermediária, com diferenças entre si. Comparando com as outras duas cultivares, classificaram-se as cultivares BRS 177 e CEP 51 como tendo sensibilidade fraca, pois a diferença de NFF foi ao redor de duas folhas e a STa da fase $EM-AN$ entre 220 e 280°C.dia, e as cultivares CEP 52 e Nova Era como tendo sensibilidade moderada já que a diferença de NFF em torno de quatro folhas e STa da fase $EM-AN$ entre 470 e 632°C.dia. Em função destes resultados, optou-se por apresentar a resposta à vernalização das quatro cultivares intermediárias na Figura 1 e das outras cultivares na Figura 2. Analisando-se os valores do coeficiente $X_{0,5}$ e n da equação MMF ajustada para as cultivares BRS 177 (Figura 1a), CEP 51 (Figura 1b), CEP 52 (Figura 1c) e Nova Era (Figura 1d), classificados como trigo de primavera, observa-se que o valor de $X_{0,5}$ variou de 8,3 a 15,4, valores bem inferiores a 22,5 considerado típico de trigos de inverno (STRECK et al., 2003). Similarmente, valores baixos do coeficiente n (1,2 a 2,1) foram obtidos em três (CEP 51, CEP 52 e Nova Era) das quatro cultivares comparado com o valor de $n = 5$ para trigos de inverno (STRECK et al., 2003), confirmando achados anteriores de que trigos de primavera que quando respondem à vernalização tem exigências menores em frio (em torno de 30 DEV) e mais rapidamente são completamente vernalizados (LEVY & PETERSON, 1972; CUNHA et al., 1998). Nos tratamentos com vernalização inferior a 21 dias ($DV21$) as plantas da cultivar BRS Tarumã raramente alcançavam a antese e quando alcançavam, as espigas apresentavam deformações e todas as plantas marcadas no tratamento sem vernalização morreram antes de completar a antese (Tabela 1). Assim, não foi possível determinar a diferença na STa entre os tratamentos sem vernalização ($DV0$) e com 49 dias de vernalização ($DV49$) e para esta cultivar foi necessário usar os dados de NFF para ajustar a equação MMF (Figura 2a).

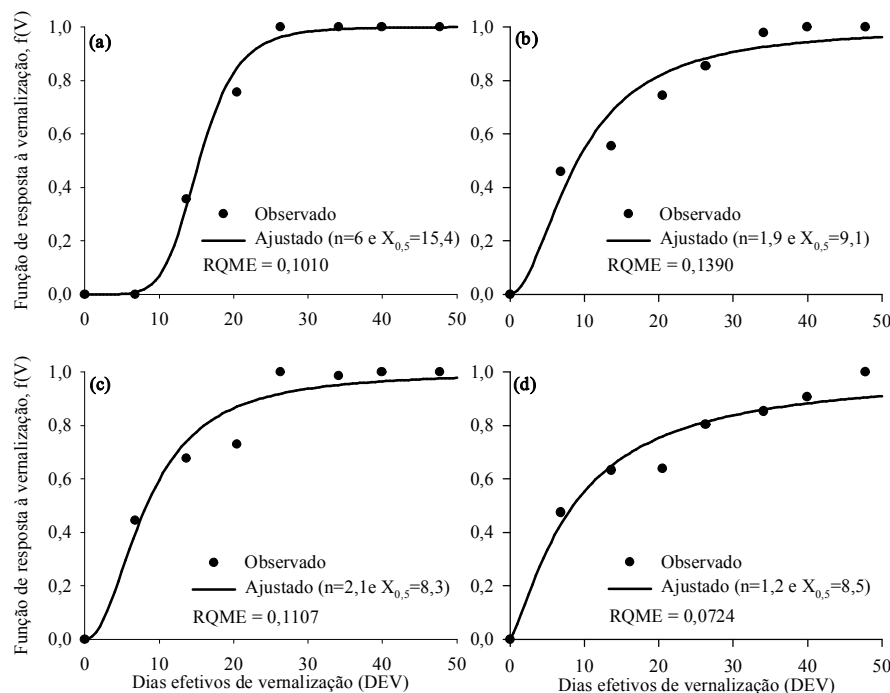


Figura 1. Resposta à vernalização das cultivares BRS 177 (a), CEP 51 (b), CEP 52 (c) e Nova Era (d) ajustada em função da soma térmica acumulada normalizada ($STaM$) até a antese como variável dependente. Os pontos são os dados observados e a curva é a equação MMF ajustada, com valores de $X_{0,5}$ (coeficiente que indica o valor dos dias de vernalização quando a resposta é a metade da vernalização completa) e de n (coeficiente de forma) fornecidos em cada painel. Santa Maria, RS, 2007.

Tabela 1 – Diferença no número final de folhas (NFF) e na soma térmica acumulada (STa) até a antese no colmo principal de cultivares de trigo entre tratamento sem vernalização ($DV0$) e com 49 dias de vernalização ($DV49$). Santa Maria, RS, 2007.

	$NFF (DV0 - DV49)$	$STa (DV0 - DV49)$	Sensibilidade à vernalização
BRS Louro	1,1	32,05	Nenhuma
BRS 177	2,1	224,15	Fraca
BRS Tarumã	7,6	-	Forte
CEP 51	2,5	279,5	Fraca
CEP 52	4,2	470,8	Moderada
Nova Era	3,7	631,9	Moderada

Em função do alto NFF (17 folhas) nas plantas no tratamento sem vernalização, e como estas plantas não atingiram a antese, optou-se em não ajustar uma curva MMF e sim usar uma função MMF para trigos de inverno, com $X_{0,5} = 22,5$ DEV e $n = 5$ (STRECK et al., 2003) e a curva estimada descreveu boa parte da tendência dos dados observados (Figura 2a). Para a cultivar BRS Louro não foi possível ajustar uma função de resposta a vernalização pois houve pequena diferença na STa (Tabela 1) entre o tratamento com 49 dias de vernalização ($DV49$) e o tratamento sem vernalização ($DV0$) e verifica-se que não houve tendência de diminuição na soma térmica acumulada (STa) com o aumento da duração do tempo de vernalização (Figura 2b), indicando que esta cultivar não responde a vernalização confirmando resultados anteriores de que alguns trigos de primavera não respondem à vernalização (LEVY & PETERSON, 1972; CUNHA et al., 1998). Os resultados deste estudo mostram que as funções

de resposta a vernalização descritas para as cultivares que apresentam pouca resposta a vernalização podem ser utilizadas em modelos de simulação de trigos de primavera. A função MMF pode expressar a resposta a vernalização para trigos de primavera, porém o coeficiente $X_{0,5}$ deve ser ajustado para uma melhor predição da resposta a vernalização.

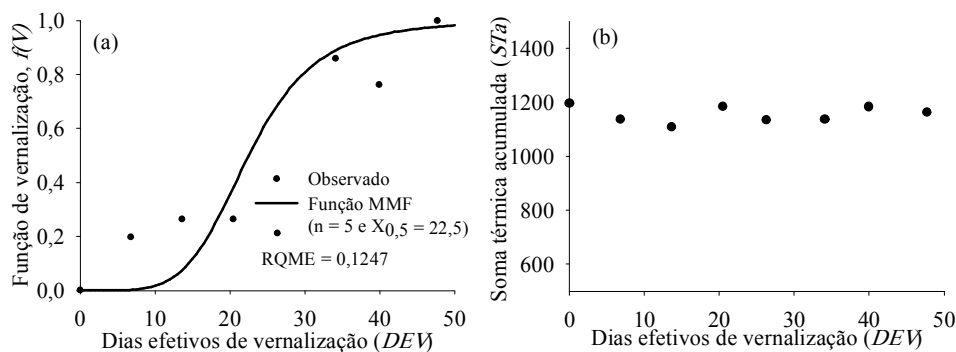


Figura 2. Resposta à vernalização utilizando-se o número final de folhas normalizado ($NFFN$) como variável dependente para a cultivar de trigo BRS Tarumã (a) e soma térmica acumulada (STa) para a cultivar de trigo BRS Louro (b). Santa Maria, RS, 2007.

CONCLUSÕES: A cultivar BRS Louro não apresenta resposta a vernalização e a cultivar BRS Tarumã tem comportamento de trigo de inverno. As cultivares BRS 177, CEP 51, CEP 52 e Nova Era apresentam resposta intermediária a vernalização, típicas de trigo de primavera que têm poucas exigências em vernalização e rapidamente tem suas exigências em frio completadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BROOKING, I.R. Temperature response of vernalization in wheat: A developmental analysis, *Annals of Botany*, v. 78, p. 507-512, 1996.
- CUNHA, G.R. da, et al. Índice de resposta à vernalização em trigos sul-brasileiros, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 6, p. 29-33, 1998.
- CUNHA, G.R. da, et al. Caracterização bioclimática de trigos brasileiros. *Boletim de Pesquisa Online*, 5. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bo05.htm>. Acesso em: 26 de março de 2006.
- FLOOD, R.G.; HALLORAN, G.M. Genetics and physiology of vernalization response in wheat, *Advances in Agronomy*, v. 39, p. 87-125, 1986.
- FUNDACEP. Indicações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa do Trigo: trigo e triticales – 2005. *Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa do Trigo*, Cruz Alta, RS, 2005, 162 p.
- LEVY, J.; PETERSON, M.L. Response of spring wheats to vernalization and photoperiod, *Crop Science*, v. 12, p. 487-490, 1972.
- MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 43p.
- RAWSON, H.M., ZAJAC, M., PENROSE, L.D.J. Effect of seedling temperature and its duration of development of wheat cultivars differing in vernalization response, *Field Crops Research*, v.57, p.289-300, 1998.
- STRECK, N.A.; WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. A generalized vernalization response function for winter wheat, *Agronomy Journal*, v. 95, p. 155-159, 2003.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops, *Agricultural Systems*, v. 58, p. 1-24, 1998.