



Dissertação de Mestrado

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO PARA O
COZIMENTO**

Josana de Abreu Rodrigues

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO PARA O COZIMENTO

por

Josana de Abreu Rodrigues

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO PARA O
COZIMENTO**

elaborada por
Josana de Abreu Rodrigues

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. Nerinéia Dalfollo Ribeiro (Presidente/Orientadora) – UFSM

Dr. Alberto Cargnelutti Filho – FEPAGRO

Prof. Dr. Danton Camacho Garcia – UFSM

Santa Maria, 19 de novembro de 2004.

© 2004

Todos os direitos autorais reservados a Josana de Abreu Rodrigues. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua João Olinto Réquia, n.113, Bairro Km3, Santa Maria, RS, 97095-290. Fone: (0xx) 55 30272966; End. Eletr: josanar@bol.com.br

**“O mundo está nas mãos daqueles
que têm coragem de sonhar e
correr o risco de viver seus sonhos.
Cada qual com seu talento.”
(Autor desconhecido)**

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado, que certamente contribuirá muito na minha formação profissional.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro durante a realização do Curso.

A professora Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela orientação, apoio, boa convivência e sugestões na condução dos experimentos e na redação da Dissertação.

Aos professores Danton Camacho Garcia e Dilson Antônio Bisognin pela co-orientação; aos demais professores do Departamento de Fitotecnia da UFSM, pelos preciosos ensinamentos que auxiliaram durante todo o Curso.

Ao Dr. Alberto Cargnelutti Filho pela ajuda fundamental nas análises estatísticas e sugestões que contribuíram no aperfeiçoamento desse trabalho.

A colega Patrícia Medianeira Grigoletto Londero, pela amizade e companheirismo, além da indispensável ajuda na condução desse trabalho.

A todos os colegas do Setor de Melhoramento do Feijoeiro pelo auxílio fundamental durante o desenvolvimento dos experimentos, pelos momentos de descontração, diversão e amizade proporcionada por todos.

Aos meus pais, João Calisto Rodrigues e Anita de Abreu Rodrigues, pelo exemplo de vida e pelo apoio, fundamentais para tornar esse momento possível.

As minhas irmãs, Leticia, Fernanda e Mônica pelo incentivo e convívio familiar.

Ao meu noivo Marcus André Kurtz Almança pelo amor, apoio, compreensão, auxílio e pelos momentos de alegria passados juntos.

A todos os que me apoiaram fica meu verdadeiro reconhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO.....	01
REVISÃO DE LITERATURA.....	04
1. A Cultura.....	04
2. Tempo de cozimento.....	08
3. Absorção de água.....	11
CAPÍTULO I - Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão.....	15
Resumo.....	15
Summary.....	16
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão.....	21
Conclusões.....	25
Referências Bibliográficas.....	26
CAPÍTULO II – Adequação do tempo de embebição dos grãos de feijão para a avaliação da qualidade de cozimento.....	33
Resumo.....	33
Summary.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	45
Referências Bibliográficas.....	46

CAPÍTULO III – Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura...	52
Resumo.....	52
Summary.....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	56
Resultados e Discussão.....	59
Conclusões.....	64
Referências Bibliográficas.....	65
CONCLUSÕES GERAIS.....	74
BIBLIOGRAFIA GERAL.....	75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para teste de absorção de água pelos grãos (absorção), volume de água absorvido (volume), percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros) e tempo de cozimento em minutos (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em nove tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.....29

TABELA 2 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as características tempo de cozimento (cocção), teste de absorção de água (absorção), percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), volume absorvido (volume) e tempo de embebição (tempo) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em nove tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.....32

CAPÍTULO II

TABELA 3 – Hábito de crescimento, grupo comercial, procedência e genealogia de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....48

TABELA 4 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....49

TABELA 5 – Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R^2), média e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação à percentagem de grãos normais (normais), ao teste de absorção de água (absorção) e ao tempo de cozimento (cocção). Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....50

TABELA 6 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características percentagem de grãos normais (normais), teste de absorção da água (absorção), tempo de cozimento (cocção) e tempo de embebição (tempo) de 19 cultivares de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....51

CAPÍTULO III

TABELA 7 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....68

TABELA 8 - Média da percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....69

TABELA 9 - Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R^2), média e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de duas cultivares de feijoeiro semeadas em cinco épocas e avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação à percentagem de grãos normais (normais) e à percentagem de grãos duros (duros). Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....70

TABELA 10 - Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R^2), média

e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de duas cultivares de feijoeiro semeadas em cinco épocas e avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação ao teste de absorção de água (absorção) e ao tempo de cozimento (cocção). Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....71

TABELA 11 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), percentagem de absorção de água (absorção), tempo de cozimento (cocção) e tempo de embebição (tempo) para duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....73

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 – Teste de absorção de água (A) e volume de água absorvida (B) por duas cultivares de feijão em função do tempo de embebição dos grãos, em água destilada. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.....30

FIGURA 2 - Percentagem de grãos normais (A) e tempo de cozimento (B) para duas cultivares de feijão em função do tempo de embebição dos grãos, em água destilada. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.....31

CAPÍTULO III

FIGURA 3 – Temperatura máxima e mínima do ar e precipitação pluvial ocorridos em Santa Maria nas cinco épocas de semeadura de duas cultivares de feijoeiro. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....72

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO PARA O COZIMENTO

AUTORA: JOSANA DE ABREU RODRIGUES

ORIENTADORA: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de novembro de 2004.

Três experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar metodologias para a identificação de genótipos de feijoeiro com qualidade para o cozimento. No primeiro experimento, foram analisadas duas cultivares de feijão (TPS Nobre e Pérola) em nove tempos de embebição (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas). Os resultados obtidos mostraram que a absorção de água aumenta com o tempo em que os grãos permanecem embebidos; o tempo de cozimento diminui à medida que os grãos permanecem imersos; correlação negativa e significativa foi obtida entre o teste de absorção de água e o tempo de cozimento. No segundo experimento, as dezenove cultivares de feijão, registradas para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul, foram avaliadas em quatro tempos de embebição (8, 11, 14 e 17 horas). Os resultados revelaram presença de interação significativa entre cultivares e tempos de embebição em relação à percentagem de grãos normais, ao teste de absorção de água pelos grãos e ao tempo de cozimento; os coeficientes de correlação entre estas características diferiram em magnitude e em sinal para as diferentes cultivares. Oito horas de embebição dos grãos de feijão,

para a avaliação do teste de absorção de água e para a quantificação do tempo de cozimento, são eficientes na identificação de cultivares com cozimento rápido. No terceiro experimento, foi avaliado o efeito de cinco épocas de semeadura na qualidade para o cozimento de duas cultivares (TPS Nobre e Pérola). O tempo de cozimento foi variável nas diferentes épocas de semeadura, para as duas cultivares, mas foi sempre reduzido (15min24s a 20min37s). Os coeficientes de correlação obtidos diferiram em magnitude e em significância para as variáveis analisadas. Os resultados evidenciam que as condições ambientais prevalecentes, durante o período de obtenção dos grãos de feijão, interferem na qualidade para o cozimento.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Agronomy Post-Graduation Program
Federal University of Santa Maria

QUALITY OF COMMON BEAN GRAIN FOR TO COOKING

AUTHOR: JOSANA DE ABREU RODRIGUES

ADVISER: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Santa Maria, november 19th, 2004.

Three experiments were conducted with the objective of evaluate methodologys for to identify bean genotypes with cooking quality. In the first experiment, were analysed two bean cultivars (TPS Nobre and Pérola) in nine times of imbibition (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 and 18 hours). The results obtained showed as water absorption increase with the time in that the grains remain in imbibition; the cooking time decrease with the time of imbibition; negative and significant correlation was obtained among the water absorption test and cooking time. In the second experiment, the nineteen bean cultivars registered for cultivation in the state of the Rio Grande do Sul were evaluate in four imbibition times (8, 11, 14 and 17 hours). A significant interation between cultivars and imbibition times was observed in relation to percentage of normal grains, water absorption test by the grains and cooking time; the correlation coefficients between the evaluated variables differed in magnitude and signal for the different cultivars. Eight hours the imbibition of bean grains for an evaluation of the uptake capacity and the determination of the cooking time are effective to identify fast-cooking cultivars. In the third experiment,

was assessed the effect of five sowing dates on cooking quality of two bean cultivars (TPS Nobre and Pérola). The cooking time was variable in sowing dates, for both cultivars, but was always lower (15min24s to 20min37s). Correlation coefficients obtained differed in magnitude and significance on different sowing dates. The results confirmed what prevailing environment condition during of period to obtainment of bean grains influenced on cooking quality.

QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO PARA O COZIMENTO

INTRODUÇÃO

Os principais objetivos dos programas de melhoramento genético do feijoeiro no Brasil sempre estiveram embasados na obtenção de cultivares mais produtivas, resistentes às pragas e às doenças, e com melhores características agronômicas. No entanto, pouco tem sido investido em pesquisas das características culinárias dos grãos de feijão que, igualmente, são relevantes na avaliação das cultivares (CARNEIRO et al., 1999b). Porém, com o aumento da exigência dos consumidores e das indústrias, esse cenário vem se modificando nos últimos anos. Para atender aos padrões requeridos, as características relacionadas com a qualidade para o cozimento dos grãos (rápida absorção de água e tempo de cozimento reduzido) estão recebendo maior destaque no processo de obtenção das novas cultivares, pois estão agregadas ao valor comercial do produto.

O desenvolvimento de novas cultivares de feijão é resultado de um longo trabalho que envolve o planejamento de cruzamentos, a condução de populações segregantes e a seleção de linhagens superiores. Assim, para que uma cultivar possa ser inscrita no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é necessário que atenda alguns requisitos mínimos de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Para tanto os ensaios devem ser conduzidos, no mínimo, em três

locais de cultivo por região edafoclimática e por dois anos agrícolas. Nestes ensaios são avaliados os descritores morfológicos, produtividade e a qualidade para o cozimento dos grãos (absorção de água e tempo de cozimento) (CEPEF, 2003).

O tempo de cozimento constitui-se num dos parâmetros de qualidade de maior importância, pois é fundamental para o preparo do feijão para o consumo. Assim, ao mesmo tempo em que assegura a inativação dos elementos antinutricionais, proporciona a manifestação das propriedades de sabor e textura exigidos pelo consumidor (YOKOYAMA & STONE, 2000). De acordo com BELICUAS et al. (2001), a continuidade do emprego do feijão na alimentação só será possível se o tempo de cozimento for reduzido.

A grande dificuldade para se avaliar essa característica está na identificação de um método que seja eficiente e rápido em quantificar o tempo de cozimento, haja vista que a metodologia oficial adotada pelo SNPC permite a avaliação de poucas amostras de cada vez. Para contornar essa situação e obter informações de forma mais imediata, características que podem estar relacionadas com o cozimento, como o teste de absorção de água pelos grãos antes do cozimento, têm sido utilizadas (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PHLAK et al., 1989). Com a rapidez deste teste, os genótipos indesejáveis podem ser descartados nas primeiras gerações segregantes (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PHLAK et al., 1989; COSTA et al., 2001).

Entretanto, ao mesmo tempo em que correlação positiva entre absorção de água e tempo de cozimento tem sido relatada (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR,

1999b; DALLA CORTE et al., 2003), a aplicação do teste de absorção tem sido contestada em função da baixa correlação encontrada (CARBONELL et al., 2003). Além disso, há na literatura uma grande variação no tempo de embebição dos grãos, que pode ser muito longo (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989) ou muito curto (COSTA et al., 2001). Esses resultados divergentes sugerem a necessidade de padronização do tempo de embebição dos grãos para a análise dos testes de absorção de água e de cozimento e, também, avaliar se a absorção de água é realmente eficiente como indicativo de facilidade de cocção.

Isso torna-se importante quando se considera o fato de que muitas linhagens deixam de ser lançadas como novas cultivares porque apresentam cozimento demorado e, como consequência, sofrem restrições para a comercialização de seus grãos. Desta maneira, a identificação precoce de linhagens com facilidade para o cozimento significa economia de esforços, de mão-de-obra e de recursos para o programa de melhoramento genético do feijoeiro. Assim, a avaliação da qualidade de cozimento é considerada uma metodologia recente, que necessita de maiores investimentos para a pesquisa, a fim de que seja possível o seu maior entendimento e compreensão.

REVISÃO DE LITERATURA

1. A CULTURA

O feijão comum é uma planta anual herbácea, pertencente à família Leguminosae, sub-família Papilionoidae, gênero *Phaseolus*, e classificado como *Phaseolus vulgaris* L. (SANTOS & GAVILANES, 1998). É uma planta autógama, ou seja, se reproduz predominantemente por autofecundação (FRANKEL & GALUN, 1977).

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. tem origem múltipla (PEREIRA, 1990) e aceita-se a parte ocidental do México-Guatemala (oeste) como centro de origem primário (COLIN, 1967). Sua domesticação ocorreu independentemente em regiões distintas: Mesoamérica (sementes pequenas) e Andes (sementes grandes), sendo o tamanho das sementes a propriedade mais importante na divisão dos dois grupos diferentes de germoplasma (PEREIRA, 1990; McCLEAN et al., 1993; VELÁSQUEZ & GEPTS, 1994). Foi introduzida no Brasil a partir da América Central (RAMALHO et al., 1993) e, ao longo dos anos, os vários programas de melhoramento genético do feijoeiro do país vêm desenvolvendo novas cultivares.

O gênero *Phaseolus* possui cerca de 55 espécies (SANTOS & GAVILANES, 1998) e dentre aquelas empregadas comumente na alimentação (*P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. acutifolius*), o feijoeiro comum é a mais cultivada, sendo responsável por

aproximadamente 95% da produção mundial de *Phaseolus* (CEPEF, 2003).

Embora seja cultivado em cerca de 100 países, a Índia, o Brasil, a China, os Estados Unidos e o México destacam-se como sendo responsáveis por 63% do total produzido. Considerando apenas *Phaseolus vulgaris* L., o Brasil é o maior produtor mundial, seguido pelo México. Apesar disto, o volume produzido tem sido insuficiente para abastecer o mercado interno, havendo necessidade de constantes importações (YOKOYAMA & STONE, 2000).

O feijão é produzido em quase todo território nacional, embora haja o predomínio do cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata*) no norte e no nordeste brasileiros (RAMALHO, 2001). Na safra 2003/04 foram semeados, aproximadamente, 4,06 milhões de hectares com a cultura no Brasil, com produção de 3,09 milhões de toneladas (IBGE, 2004). Além de maior produtor mundial, o Brasil é também o maior consumidor de feijão com 18,4kg-1.hab.-1ano-1, sendo o Rio Grande do Sul um dos estados de maior consumo per capita no Brasil (CEPEF, 2003).

O cultivo dessa leguminosa é bastante variável. É reconhecida como cultura de subsistência, em pequenas áreas e com uso limitado de insumos, apesar de, nos últimos anos, ter havido um aumento no interesse por grandes empresários rurais, que adotam tecnologias avançadas e de alto nível. Dependendo da região, a semeadura do feijão no Brasil pode ser feita em até três safras ou épocas de cultivo ao longo do ano. Estas épocas são: a das águas ou safra (cultivo de primavera-verão, colheita no início do verão), a da seca ou safrinha

(cultivo de verão-outono, colheita no outono) e a de inverno (cultivo de outono-inverno) (BORÉM & CARNEIRO, 1998). Outra característica da produção do feijoeiro é a variação dos sistemas de produção existentes: solteiro, consorciado ou intercalado (YOKOYAMA & STONE, 2000).

É um dos alimentos tradicionais da dieta dos brasileiros, destacando-se, principalmente, como importante fonte protéica e energética. O feijão é constituído de 20 a 25% de proteínas, 1 a 20% de fibras alimentares, 60 a 65% de carboidratos, 1 a 3% de lipídios, dos minerais Ca, Fe, Cu, Zn, K, P e Mg, e também de vitaminas, em especial as do complexo B, como: riboflavina, niacina e folacina (GEIL & ANDERSON, 1994).

Devido aos seus componentes e as suas características, o consumo de feijão torna-se proveitoso do ponto de vista nutricional, principalmente como fonte protéica (CEPEF, 2003). As proteínas desempenham várias funções para os seres vivos, sendo catalisadoras (enzimas), hormônios (insulina), proteção (anticorpos), transportadora (hemoglobina), estrutural (colágeno), movimento (actina e miosina) além de fornecer energia e elementos para a formação dos tecidos (MIRANDA & DESTRO, 1999). Estudos recentes também têm revelado que a presença de fibras na alimentação é essencial e de grande importância, pois está associada à diminuição de diversas enfermidades, como por exemplo: doenças cardiovasculares, câncer no reto e maior tolerância à glicose (HUGHES & SWANSON, 1989).

Em função das características nutricionais do feijão, como o conteúdo protéico relativamente alto, o teor elevado de lisina, que

exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, a fibra alimentar, o alto teor de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B (LAJOLO et al., 1996), aliado ao seu grande consumo pela população, a tradicional dieta arroz com feijão, adotada pelos brasileiros, torna-se complementar, em termos de aminoácidos essenciais, visto que os cereais são pobres em lisina, porém ricos em aminoácidos sulfurados.

Além da relevância na alimentação da população brasileira, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, em razão de ser cultivado em grandes áreas e pela mão-de-obra empregada durante todo o ciclo da cultura no país (BORÉM & CARNEIRO, 1998).

O melhoramento genético do feijoeiro iniciou no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na década de trinta. Contudo, foi a partir da criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na década de setenta, e de empresas estaduais de pesquisa que houve um maior destaque na atividade (RAMALHO, 2001). Através do desenvolvimento de cultivares por estas instituições tornou-se possível produzir feijão em todos os meses do ano e com ganhos em produtividade (POMPEU, 1993; ABREU et al., 1994). Diversos estudos realizados nos últimos anos indicam grande progresso na produtividade da cultura no país, o que pode ser atribuído ao melhoramento genético (RAMALHO, 2001), além da adoção de práticas agrícolas eficazes.

2. TEMPO DE COZIMENTO

O cozimento é fundamental no preparo do feijão para consumo, assegurando a inativação dos elementos antinutricionais e proporcionando a manifestação das propriedades sensoriais de sabor e de textura exigidos pelos consumidores (YOKOYAMA & STONE, 2000).

Em função das atividades fora do lar, a maioria das donas-de-casa possui um tempo restrito para o preparo das refeições (BELICUAS et al., 2001). Desta forma, o tempo de cozimento do feijão é fator preponderante para a aceitação do produto tanto pelos consumidores como pela indústria alimentícia. Cultivares cujos grãos cozinhem mais rápido proporcionam maior economia de tempo e de energia (YOKOYAMA & STONE, 2000). Além disto, períodos longos de cozimento podem causar mudanças celulares, ocasionando perdas nutricionais e de proteínas (WASSIMI et al., 1988).

Quando os grãos de feijão e de outras leguminosas são armazenados sob temperatura e umidade elevados, inúmeras reações químicas e enzimáticas são desencadeadas. Essas alterações levam ao desenvolvimento do defeito textural conhecido como “hard-to-cook” (HTC), que torna o produto resistente ao cozimento e causa considerável prejuízo econômico e nutricional (SHIGA et al., 1999). Segundo esses autores, grãos que apresentam este defeito precisam de maior tempo de cozimento, encarecendo o seu preparo e reduzindo sua aceitação para consumo e industrialização.

A qualidade para o cozimento dos grãos é determinada pelo genótipo e influenciada pelo ambiente que atua durante o crescimento da planta e o desenvolvimento do grão (DALLA CORTE et al., 2003). De acordo com esses autores, diversos fatores interferem na qualidade dos grãos, como as condições climáticas (principalmente alta temperatura na fase de enchimento de grão), condições de cultivo, manejo pós-colheita e técnicas de armazenamento e de processamento. Segundo CARBONELL et al. (2003) as condições locais de obtenção dos grãos para a análise de qualidade tecnológica influenciam nos resultados e na diferenciação entre genótipos, indicando interação significativa entre genótipo e ambiente.

Existe variabilidade genética para a característica tempo de cozimento e observa-se que, de modo geral, feijões do grupo carioca necessitam de maior tempo para a cocção, apresentam maior percentagem de casca e menor percentagem de sólidos solúveis totais que os do grupo preto (CARNEIRO et al., 1999b). Os genótipos 290058 e 94220320 são destacados pelos autores como sendo os de menor e de maior tempo de cocção, respectivamente.

É possível encontrar na literatura a identificação de genótipos com tempo reduzido de cozimento, como ‘Carioca MG’ (SOARES et al., 1996), LP 96-275 (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a), LP 96-75, TPS Nobre e LP 96-72 (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b), CI-107 e LM 95103856 (CARNEIRO et al., 1999a), AN 9310743 (CARNEIRO et al., 1999b), CI-107 e Ouro Negro (BELICUAS et al., 2001), FT-Porto Real, IAC-Una, IAPAR 80 e PF 902998 (CARBONELL et al., 2003).

Estudos sobre a herdabilidade desta característica, entretanto, ainda são muito incipientes. Através de hibridações controladas, entre genitores contrastantes para o tempo de cozimento, foi observado que o tempo médio para a cocção variou de 18 a 50 minutos nas famílias consideradas e que as estimativas de herdabilidade obtidas foram superiores a 60% (BELICUAS et al., 2001). Já COSTA et al. (1999) encontraram herdabilidade em torno de 98%, para o tempo de cozimento, o que é um indicativo de que esta característica pode ser governada por poucos genes em função da alta herdabilidade, o que facilitaria a seleção.

Atualmente, para que uma cultivar de feijão possa ser inscrita no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é necessária a avaliação do tempo de cozimento com a utilização do aparelho cozedor de Mattson (PROCTOR & WATTS, 1987). A metodologia oficial é precisa, mas como é muito demorada, permite a avaliação de poucas amostras de cada vez, o que restringe o seu emprego em gerações iniciais (F2 a F4) dos programas de melhoramento, quando se dispõe de um grande número de populações em avaliação.

Genótipos que cozinham em menos de 30 minutos são desejáveis e apresentam maior aceitação por determinada cultivar (CARNEIRO et al., 1999a). Entretanto, a principal dificuldade de se avaliar essa característica é a identificação de um método que seja eficiente e rápido em quantificar o tempo de cocção, haja vista que a metodologia oficial permite a avaliação de poucas amostras de cada vez (COSTA et al., 2001). Assim, características que podem estar relacionadas com o

cozimento, como a quantidade de água absorvida pelos grãos antes do cozimento (teste de absorção de água), têm sido utilizadas mais recentemente. De acordo com PLHAK et al. (1989), a capacidade de cozimento está associada à absorção rápida de água pelos grãos antes do cozimento. A avaliação do teste de absorção de água é de fácil mensuração e pode ser obtida rapidamente para um grande número de amostras permitindo o descarte de genótipos indesejáveis em gerações iniciais (GARCIA-VELA, 1989; PLHAK et al., 1989; COSTA et al., 2001).

Correlação positiva entre o teste de absorção de água pelos grãos e o tempo de cozimento foi relatada em genótipos desenvolvidos nos programas de melhoramento do Brasil (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003). Por outro lado, a utilização deste mesmo teste, como indicativo do tempo de cozimento, foi questionada, recentemente, devido à baixa correlação encontrada entre essas características (CARBONELL et al., 2003).

Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento.

3. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A existência de variabilidade genética para o teste de absorção de água pelos grãos de feijão tem sido relatada por diversos autores

(COSTA et al., 2001; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RIBEIRO et al., 2003a). Este fato sugere que a seleção para essa característica pode ser útil na identificação precoce de linhagens com maior facilidade para o cozimento, se a correlação existente entre essas características for de alta magnitude (RIBEIRO et al., 2003a). Esses autores sugerem a necessidade de padronização da metodologia no teste de absorção de água.

A percentagem de absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo em que permanecem embebidos, até atingir o ponto de máxima eficiência técnica em 11:06h, para as cultivares TPS Nobre e Pérola (RIBEIRO et al., 2003b). O tempo de máxima hidratação dos grãos de feijão é variável com o genótipo considerado, variando de 8:10h (IAC Carioca Aruã) à 12:01h (IAC Carioca Pyatã) (RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002). Esses tempos ótimos encontrados para as cultivares de feijão avaliadas, estão dentro da faixa considerada ideal, pois simulam o hábito da dona-de-casa em deixar o feijão de molho na noite anterior ao preparo da refeição. Por sua vez COSTA et al. (2001), utilizando o tempo de embebição de 4h, identificaram os genótipos G 2333, Carioca 80 e Amarelinho como os de menor absorção de água e IAC Aruã, CI-107 e Ouro Negro como os de maior absorção.

O termo 'hardshell' (casca dura) é utilizado para expressar uma condição encontrada em sementes maduras e secas, pela qual falham a capacidade de absorver água, dentro de um período relativamente longo, quando umedecidas (LEMOS et al., 1996) e esse fenômeno pode ser produzido tanto pelo armazenamento em locais com

aquecimento artificial e baixa umidade relativa, como no campo, quando o tempo quente e seco prevalece durante a maturação dos grãos (Gloyer apud SARTORI, 1996). As cultivares que apresentam grande incidência de grãos ‘hardshell’ apresentarão severas restrições na comercialização, pois, ao que tudo indica, irão demorar mais para cozinhar. De acordo com LEMOS et al. (1996), a característica ‘hardshell’ ocorre com reduzida intensidade nos genótipos brasileiros, com exceção da linhagem AN 511652 (41% de ‘hardshell’). Resultado semelhante foi encontrado por RIBEIRO et al. (2003a), que observaram valores de até 10% de grãos ‘hardshell’ apenas nos genótipos CII-299, Engopa-201 Ouro e Olho de Pomba, quando avaliaram 219 genótipos de feijão de diferentes grupos comerciais. A baixa existência de grãos ‘hardshell’, relatada nesses trabalhos, representa os esforços dos programas de melhoramento na obtenção de genótipos de feijão que possuam grãos com facilidade de cozimento. A cultivar ‘Carioca’ é também relatada com alto valor de grãos ‘hardshell’ (29%) (SOARES et al., 1996). Percentuais superiores, de acordo com esses autores, são encontrados na ‘Safira’ (74,5%) e na ‘IPA 6’ (89,0%), feijões do tipo roxo e manteigão, respectivamente.

De acordo com Wyatt apud ESTEVES et al. (2002), características do tegumento, entre elas espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais interferem na absorção de água pelos grãos de feijão. A ocorrência de grãos que não absorvem água, mesmo após a imersão por longos períodos, tem sido explicada devido a problemas no tegumento, como

a insolubilização da pectina da lamela média (JONES & BOULTER, 1983; VINDIOLA et al., 1986). As condições dos grãos no instante da colheita (seca ou chuva) interferem na qualidade fisiológica, modificando sua integridade e refletindo na absorção de água e no tempo de cozimento (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b).

Como a avaliação do teste de absorção da água também é uma metodologia oficial adotada durante o processo de inscrição e registro das novas cultivares de feijão pelo SNPAC, os programas de melhoramento precisam reavaliar o tempo necessário para que ocorra a máxima hidratação dos grãos, a fim de que seja possível a padronização deste teste.

Da mesma maneira, as investigações de existência de correlação entre o teste de absorção de água e o tempo de cozimento tornam-se importantes quando se consideram os efeitos contraditórios encontrados na literatura. O melhor entendimento da interação genótipo x ambiente sobre essas características também é necessário fundamental; somente assim, será possível a adoção dessas metodologias com eficiência e precisão na seleção de linhagens de feijão com facilidade para o cozimento.

CAPÍTULO I

CORRELAÇÃO ENTRE ABSORÇÃO DE ÁGUA E TEMPO DE COZIMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO

CORRELATION AMONG WATER SOAKING AND COOKING TIME OF BEAN CULTIVARS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento de cultivares de feijão em relação aos testes de absorção de água pelos grãos e do tempo de cozimento, bem como avaliar correlações entre essas características visando à identificação precoce de linhagens de fácil cozimento. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 2 x 9, com três repetições. As cultivares utilizadas foram TPS Nobre e Pérola e os grãos foram imersos em água destilada durante 2 a 18 horas. Os resultados obtidos evidenciaram que a absorção da água aumentou com o tempo em que os grãos permaneceram embebidos, até atingir o máximo de hidratação em 13h07min e em 13h12min para as cultivares TPS Nobre e Pérola, respectivamente. O tempo de cozimento diminuiu à medida que os grãos permaneceram imersos até 12h49min, para as duas cultivares. O teste de absorção de água pelos grãos e o tempo de cozimento apresentaram correlação negativa e significativa.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., qualidade de grão para cozimento, metodologias.

SUMMARY

The purpose of this work was to evaluate the behavior of bean cultivars with respect to water soaking test and cooking time as well as the possible correlation of these variables to identify bean lines with high cooking capacity. A factorial of two cultivars (TPS Nobre and Pérola) and different times (2 to 18 hours of soaking) in a completely randomized design, with three replications, was conducted. Soaking capacity was increased over time up to 13 h07min for TPS Nobre and 13h12min for Pérola cultivar. Cooking time was reduced after 12h49min of soaking for both cultivars. There was a high and negative correlation between water soaking and cooking time.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., cooking grain quality, cooking method.

INTRODUÇÃO

O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001).

Cultivares que apresentam grãos com cozimento rápido proporcionam economia de tempo e de energia (YOKOYAMA & STONE, 2000). Além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em nível celular, provocando perda de nutrientes (WASSIMI et al., 1988).

A identificação de linhagens com menor tempo de cozimento, rápida capacidade de hidratação, com tegumentos que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica, após o cozimento, é desejável (CARBONELL et al., 2003). A avaliação do tempo de cozimento é exigida para a inscrição de nova cultivar de feijão junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2001). A metodologia oficial requer a utilização do cozedor de Mattson que consiste no cozimento de 25 grãos sob os pinos do aparelho (PROCTOR & WATTS, 1987). Essa metodologia, apesar de eficiente, avalia pequeno número de amostras e consome muito tempo para a obtenção da informação tornando-a inexecutável para um grande número de populações, comum no caso de gerações precoces.

O desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento torna-se assim indispensáveis. O teste de absorção de água pelos grãos, antes do cozimento, tem sido utilizado, visto que a capacidade de cocção está relacionada à rápida absorção (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PHLAK et al., 1989). A avaliação desse teste é de fácil mensuração, rápida e permite o descarte de linhagens indesejáveis mesmo nas primeiras gerações segregantes (RAMALHO

et al., 1993; COSTA et al., 2001). Correlação positiva entre a absorção de água pelos grãos e o tempo de cozimento foi relatada em genótipos desenvolvidos nos programas de melhoramento do Brasil (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003). Por outro lado, a utilização do teste de absorção de água pelos grãos, como indicativo do tempo de cozimento, tem sido questionada devido à baixa correlação encontrada (CARBONELL et al., 2003).

O tempo de embebição dos grãos de feijão para a avaliação do teste de absorção da água, sugerido pela metodologia oficial adotada é de 18 horas, e utiliza a relação de uma parte de grão para quatro partes de água, em temperatura ambiente (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989). Entretanto, há indicativo de que o tempo de permanência dos grãos em embebição possa ser reduzido para 4 horas (COSTA et al., 2001), ainda que trabalhos recentes utilizem 16 horas como critério (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003). Esses resultados sugerem a necessidade de padronização do tempo de embebição dos grãos de feijão, em água destilada, haja vista que o tempo máximo de hidratação varia com o genótipo, podendo oscilar de 8h10min (IAC Carioca Aruã) a 12h01min (IAC Carioca Pyatã) como relatado por RAMOS JÚNIOR & LEMOS (2002).

Considerando estas informações, o objetivo do trabalho foi analisar o comportamento de duas cultivares de feijão quanto aos testes de absorção de água pelos grãos e do tempo de cozimento, bem como avaliar a correlação entre essas características, para a identificação precoce de linhagens com facilidade de cozimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS, utilizando grãos provenientes do Programa de Melhoramento de Feijão desta instituição.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A densidade da semeadura foi ajustada conforme recomendação da CEPEF (2001), para cultivares de hábitos de crescimento do tipo II e III. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifoliadas. Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados, sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição. A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas em janeiro de 2003 e, após a separação das impurezas, em máquinas de ar e peneira, os grãos foram secos em terreiro de cimento, e, havendo necessidade, em estufa, até atingir umidade de 12%, em média. Em seguida, amostras de 2,0kg de grãos foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria (0oC de temperatura e 80% de umidade relativa) por sete meses, antes da realização das análises. Esse período simula o tempo máximo em que, normalmente, os grãos são armazenados antes da comercialização.

O estudo foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 2 x 9 (duas cultivares e nove tempos de embebição), com três repetições de 50 g de grãos. As duas cultivares utilizadas foram TPS Nobre (preto) e Pérola (carioca), que apresentam hábito de crescimento indeterminado, com ramificações fechadas (tipo II) e com ramificações abertas (tipo III), respectivamente. Para o teste da capacidade de absorção da água, 50 g de grãos de feijão foram colocados em copos plásticos com 200ml de água destilada, em nove diferentes tempos de embebição (2 a 18 horas), à temperatura ambiente ($\pm 20^{\circ}\text{C}$). A cada 30 minutos, uma amostra de grãos foi colocada em embebição para compor os tratamentos, e a temperatura da água, antes do cozimento, foi monitorada.

Após o tempo de embebição, os grãos foram retirados e parcialmente secos em papel toalha. O teste de absorção de água pelos grãos foi determinado pela seguinte fórmula: % de absorção = $[(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial} \times 100]$ (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PLHAK et al., 1989). A avaliação do volume de água absorvido pelos grãos foi realizada pelo uso da relação: volume absorvido = $[(\text{volume inicial} - \text{volume final}) / \text{volume inicial} \times 100]$. A percentagem de grãos normais (com absorção normal de água) e a percentagem de grãos duros (sem a capacidade de hidratação) em relação ao número total de grãos avaliados foram quantificadas.

A avaliação do cozimento dos grãos foi realizada com o uso do aparelho cozedor de Mattson, com 25 pinos (PROCTOR & WATTS, 1987). As amostras de grãos foram previamente embebidas em água

destilada, nos tempos previstos, à temperatura ambiente ($\pm 20^{\circ}\text{C}$). A seguir, a água foi eliminada e os grãos colocados na placa suporte do aparelho ficando, cada pino, acima de um grão. O aparelho foi colocado em uma panela com água destilada fervente, mantendo-se o aquecimento. À medida que ocorria o cozimento, os pinos caíam e atravessavam os grãos, anotando-se o tempo decorrido do instante em que o cozedor foi colocado na água fervente até a queda do pino, e obtendo-se o tempo de queda de cada pino ou o tempo de cozimento de cada grão. O tempo necessário para que 13 pinos (metade + 1) caíssem foi utilizado para calcular o tempo médio de cozimento de cada amostra.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, utilizando o teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro, para testar as hipóteses dos efeitos principais e da interação. Também realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou interação significativa entre cultivares em função dos tempos de embebição para o teste de absorção de água pelos grãos, volume de água absorvido, percentagem de grãos normais e percentagem de grãos duros, sugerindo resposta diferenciada das cultivares de feijão em função do tempo de permanência dos grãos em embebição. Entretanto, para o tempo de cozimento apenas os efeitos principais (cultivares e tempo de

embebição) foram significativos, mostrando comportamento semelhante para as duas cultivares, quando imersas em água destilada sob diferentes tempos (Tabela 1).

Os coeficientes de variação (CV%) obtidos para as variáveis consideradas no teste de absorção de água pelos grãos (percentagem de absorção, volume de água absorvido e percentagem de grãos normais) foram baixos, sugerindo que maior precisão experimental pode ser obtida neste teste, quando comparado ao tempo de cozimento. No entanto, a percentagem de grãos duros apresentou elevado CV% devido, provavelmente, à inexistência de grãos sem hidratação, mesmo nos menores períodos de embebição.

A absorção de água pelos grãos aumentou com o tempo em que esses permaneceram embebidos, atingindo a máxima hidratação em 13h07min e em 13h12min, para as cultivares TPS Nobre e Pérola, respectivamente (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos para a ‘TPS Nobre’, a qual apresentou tempo de 12h57min (RAMOS JUNIOR et al., 2002). Já, em feijões do grupo carioca, o tempo de completa hidratação dos grãos variou de 8h10min a 12h01min, de acordo com o genótipo, sendo considerado um intervalo de tempo satisfatório, pois simula o hábito da dona-de-casa em deixar o feijão de molho na noite anterior ao preparo da refeição (RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002). Esses resultados sugerem que há necessidade de padronizar o tempo ideal de permanência dos grãos em embebição para a avaliação do teste de absorção da água, pois tem sido observada variabilidade genética para essa característica (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR,

1999b; COSTA et al., 2001; RAMOS JUNIOR et al., 2002; RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; RIBEIRO et al., 2003).

O volume de água absorvido pelos grãos aumentou até 14h40min e 13h57min de imersão em água destilada, para as cultivares TPS Nobre e Pérola, respectivamente (Figura 1). A percentagem de grãos normais, aumentou até alcançar os pontos de máxima eficiência técnica de 12h37min (TPS Nobre) e de 13h01min (Pérola) (Figura 2). Os resultados obtidos sugerem que tempo superior a 13 horas de imersão dos grãos pode não ter eficiência na discriminação de diferenças no teste de absorção de água pelos grãos, pois ocorre estabilização da percentagem de grãos normais e da capacidade de absorção da água.

Com relação à percentagem de grãos duros, ocorreu percentual reduzido de grãos sem a capacidade de hidratação (média geral = 3,74%) para as duas cultivares, o que é aspecto favorável, indicando esforços da seleção contra essa característica no desenvolvimento das novas cultivares de feijão.

O tempo de cozimento diminuiu com o aumento do tempo de permanência dos grãos em embebição até 12h49min (Figura 2). Esse resultado sugere que o período de imersão de 16 horas para a permanência dos grãos de feijão em embebição, antes da avaliação do tempo de cozimento, pode ser desnecessário já que não possibilita cozimento mais rápido (PROCTOR & WATTS, 1989; CARNEIRO et al., 1999a; CARNEIRO et al., 1999b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003).

É sabido que o tempo de cozimento pode ser influenciado pelas condições de cultivo, pelo processo de beneficiamento e de armazenamento dos grãos (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b). Além disso, variabilidade genética para tempo de cozimento em feijão tem sido relatada variando de 22,1 min a 100,3 min (CARNEIRO et al., 1999a; CARNEIRO et al., 1999b; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; RAMOS JUNIOR et al., 2002; RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003). Como estimativas de herdabilidade superiores a 60% foram encontradas em diferentes famílias de feijão, esperam-se facilidades para a seleção dessa característica (BELICUAS et al., 2001).

As variáveis - teste de absorção de água pelos grãos e tempo de cozimento - apresentaram correlação negativa e significativa ($p \leq 0,01$), para as duas cultivares, mostrando que à medida que ocorria o incremento na percentagem de absorção de água, reduzia-se o tempo de cozimento (Tabela 2). Esse resultado contraria aquele obtido por DALLA CORTE et al. (2003) que encontraram correlação positiva e alta, e por CARBONELL et al. (2003) que obtiveram valores de baixa-média magnitude entre as variáveis absorção de água e tempo de cozimento. Provavelmente, a obtenção de respostas diferenciadas sejam em decorrência de diferenças genéticas entre os genótipos e quanto ao tempo de embebição dos grãos, em água destilada.

Correlação positiva e significativa foi observada entre o teste de absorção de água pelos grãos e a percentagem de grãos normais, para as cultivares TPS Nobre (0,9625) e Pérola (0,9812) (Tabela 2). A alta

associação entre essas duas características possibilita a utilização da percentagem de grãos normais (grãos com absorção normal de água), o que parece mais fácil e rápido, do que a quantificação da absorção da água, já que essa necessita da avaliação dos pesos, antes e após a embebição.

Os resultados obtidos permitem sugerir o emprego do teste de absorção de água pelos grãos como indicativo de linhagens com características de qualidade de grãos para o cozimento, tais como cozimento rápido, alta percentagem de grãos normais e mínima percentagem de grãos duros.

CONCLUSÕES

A hidratação máxima dos grãos de feijão das cultivares TPS Nobre e Pérola ocorre em 13h7min e em 13h12min, respectivamente, enquanto que o tempo de cozimento diminui com o aumento do tempo de permanência dos grãos em embebição até 12h49min. O teste de absorção da água pelos grãos apresenta correlação negativa e significativa com o tempo de cozimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELICUAS, P.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, I, 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. CD-ROOM.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. ANEXO IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC. 2001.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARNEIRO, J.D.S. et al. Potencial tecnológico dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a. 880p. p.408-411.

CARNEIRO, J.D.S. et al. Qualidade tecnológica dos grãos de linhagens de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b. 880p. p.412-415.

CEPEF. **Feijão: recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim: São Cristóvão, 2001. 112p.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.1017-1021, 2001.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

GARCIA-VELA, L.A. & STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

PLHAK, L.C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.326-336, 1989.

PROCTOR, J.R. & WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v.20, n.1, p.9-14, 1987.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RAMOS JÚNIOR, E.U. & LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 814p. p.263-266.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 814p. p.267-269.

RIBEIRO, N.D. et al. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, n.1-2, 2003. (no prelo)

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a. 880p. p.339-342.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo

preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b. 880p. p.389-392.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v.28, n.3, p.452-458, 1988.

YOKOYAMA, L.P. & STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75p.

Tabela 1 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para teste de absorção de água pelos grãos (absorção), volume de água absorvido (volume), percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros) e tempo de cozimento em minutos (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em nove tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2003

Causas de variação	GL	Quadrado médio				
		Absorção (%)	Volume (%)	Normais (%)	Duros (%)	Cocção (min)
Cultivar (C)	1	54,622*	1145,770*	69,814*	69,837*	42,164*
Tempo (T)	8	1602,175*	190,759*	284,947*	284,952*	146,859*
C*T	8	39,051*	5,548*	11,858*	11,858*	4,655ns
Erro	36	3,536	0,699	2,659	2,659	9,418
Média	-	89,56	31,11	96,26	3,74	25,20
CV (%)	-	2,10	2,69	1,69	43,59	12,18

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

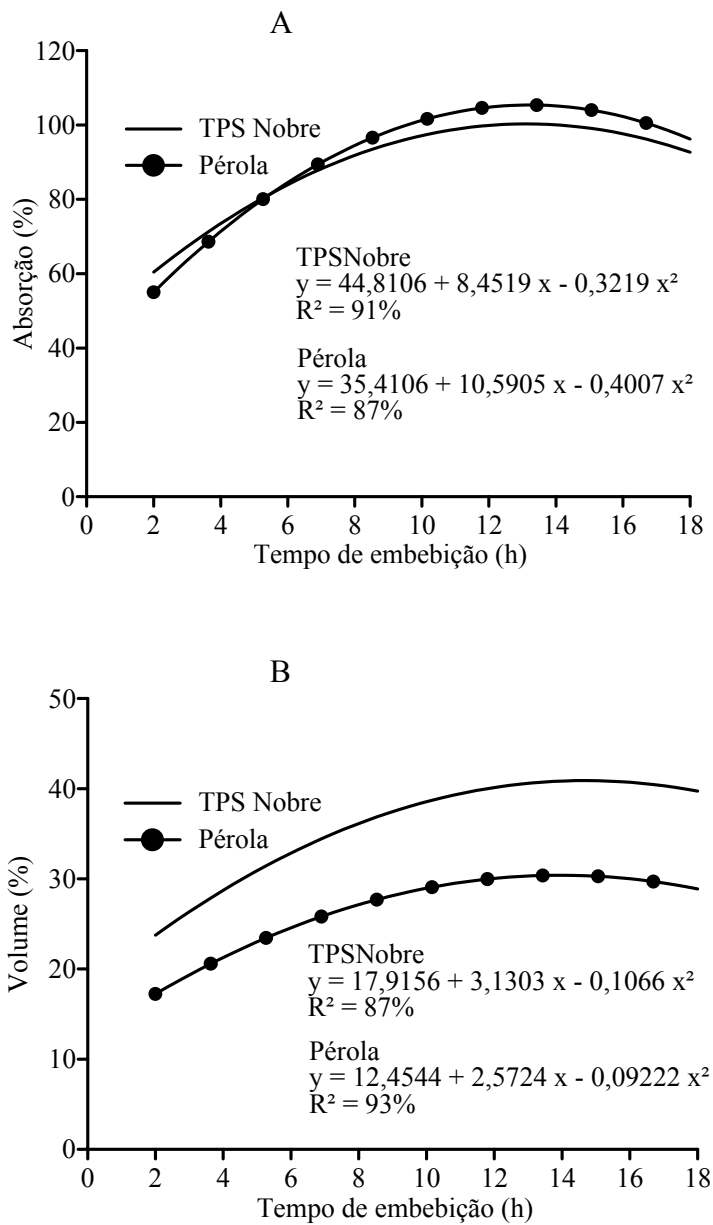


Figura 1 – Teste de absorção de água (A) e volume de água absorvida (B) por duas cultivares de feijão em função do tempo de embebição dos grãos, em água destilada. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.

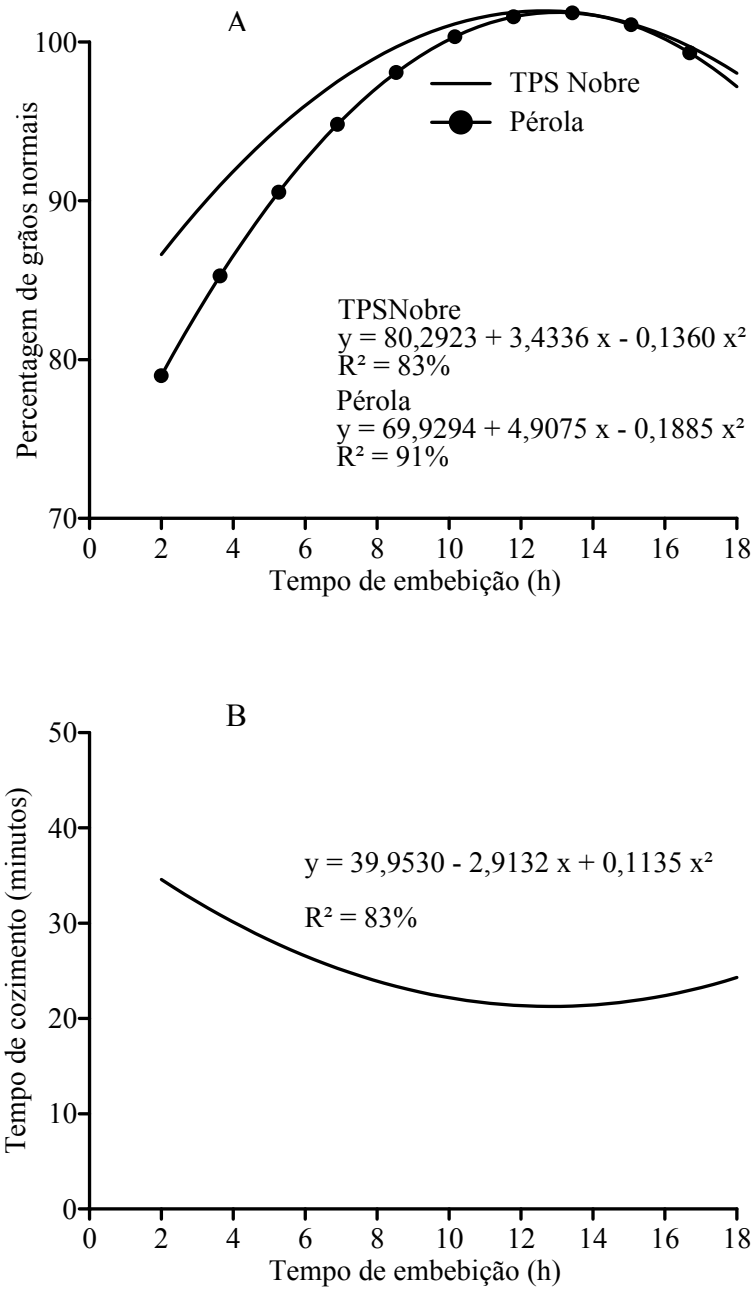


Figura 2 - Percentagem de grãos normais (A) e tempo de cozimento (B) para duas cultivares de feijão em função do tempo de embebição dos grãos, em água destilada. Santa Maria – RS, UFSM, 2003.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características tempo de cozimento (cocção), teste de absorção de água (absorção), percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), volume absorvido (volume) e tempo de embebição (tempo) de duas cultivares de feijão avaliadas em nove tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2003

Característica	Tempo (h)	Volume (%)	Duros (%)	Normais (%)	Absorção (%)
			... TPS Nobre ...		
Cocção (min)	-0,6579*	-0,8730*	0,8953*	-0,8954*	-0,9090*
Absorção (%)	0,7637*	0,9582*	-0,9625*	0,9625*	
Normais (%)	0,6740*	0,9388*	-1,0000*		
Duros (%)	-0,6740*	-0,9388*			
Volume (%)	0,8300*				
			... Pérola ...		
Cocção (min)	-0,5861*	-0,8039*	0,7601*	-0,7601*	-0,7900*
Absorção (%)	0,7611*	0,9759*	-0,9812*	0,9812*	
Normais (%)	0,7474*	0,9631*	-1,0000*		
Duros (%)	-0,7474*	-0,9631*			
Volume (%)	0,8296*				

* = Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste t, com 25 graus de liberdade.

CAPÍTULO II

ADEQUAÇÃO DO TEMPO DE EMBEBIÇÃO DOS GRÃOS DE FEIJÃO PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COZIMENTO

ADAPTATION OF IMBIBITION TIME OF COMMON BEAN GRAINS TO EVALUATE COOKING QUALITY

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de padronizar o tempo de embebição dos grãos de feijão para a avaliação do teste de absorção de água e para a determinação do tempo de cozimento, visando à identificação de genótipos com alta qualidade de cozimento. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 19 x 4, com três repetições. Os grãos das 19 cultivares de feijão foram colocados em embebição em quatro tempos (8, 11, 14 e 17 horas), à temperatura ambiente (23°C). Os resultados obtidos revelaram presença de interação significativa entre cultivares e tempos de embebição em relação à percentagem de grãos normais, ao teste de absorção de água pelos grãos e ao tempo de cozimento. Os coeficientes de correlação obtidos diferiram em magnitude e em sinal para as diferentes cultivares. O tempo de embebição dos grãos de feijão para a avaliação do teste de absorção de água e para a quantificação do tempo de cozimento pode ser reduzido a oito horas,

pois é eficiente para a diferenciação de grãos normais de duros e para a identificação de cultivares com cozimento rápido.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., absorção de água, tempo de cozimento, variabilidade genética.

SUMMARY

The objective of this study was to standardize the imbibition time of common bean grains for an evaluation of the capacity of water uptake and determination of the cooking time, aiming at the identification of genotypes with high cooking quality. The completely randomized experimental design was used in a 19 x 4 factorial arrangement with three replications. Grains of 19 cultivars were set to imbibe during four different periods at room temperature. A significant interaction between cultivars and imbibition times was observed in relation to the evaluated variables. The correlation coefficients differed in magnitude and signal for the different cultivars. For an evaluation of the uptake capacity and the determination of the cooking time eight hours of imbibition of common bean grains are effective to differentiate normal from hard grains and to identify fast-cooking cultivars.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., water soaking, cooking time, genetic variability.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de cultivares mais produtivas, resistentes às doenças e às pragas, e com características agronômicas superiores tem sido o objetivo principal do melhoramento clássico do feijoeiro. Por sua vez, as características tecnológicas, que também são importantes na avaliação das novas cultivares, ainda são pouco estudadas. Nesse sentido, a qualidade para o cozimento (rápida absorção de água e tempo de cozimento reduzido) deve ser avaliada, pois é fator preponderante para a aceitação do produto, tanto pelos consumidores como pela indústria alimentícia.

O cozimento dos grãos de feijão é indispensável para o seu consumo, pois garante a inativação dos elementos antinutricionais e assegura o sabor e a textura exigidos pelos consumidores (YOKOYAMA & STONE, 2000). Além disso, é possível evitar as perdas nutricionais ocasionadas por mudanças celulares que podem ocorrer em períodos prolongados de cozimento (WASSIMI et al., 1988). Assim, o desenvolvimento de cultivares de feijão com cozimento em menos de 30 minutos é desejável, pois representa economia de energia, capital e tempo (COSTA et al., 2001).

Atualmente, para que uma cultivar de feijão possa ser inscrita no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é necessária a avaliação do tempo de cozimento com a utilização do aparelho cozedor de Mattson (PROCTOR & WATTS, 1987). A metodologia oficial é precisa, mas como é muito demorada, permite a avaliação de

poucas amostras de cada vez, o que restringe o seu emprego em gerações iniciais de programas de melhoramento, quando se dispõe de um grande número de populações em avaliação.

O desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento tornam-se indispensáveis. Assim, o teste de absorção de água pelos grãos antes do cozimento vem sendo utilizado, já que a capacidade de cozimento está relacionada à absorção rápida de água pelos grãos e depende das características do tegumento dos grãos (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PHLAK et al., 1989; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b). A determinação do teste de absorção de água é simples e pode ser rapidamente obtido para um grande número de amostras, permitindo o descarte de genótipos indesejáveis já nas primeiras gerações segregantes (RAMALHO et al., 1993; COSTA et al., 2001).

Correlação positiva e significativa entre a quantidade de água absorvida e a capacidade de cozimento tem sido relatada (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003). Por outro lado, correlação negativa e significativa entre esses parâmetros também é encontrada na literatura (JACINTO et al., 1999). Além disso, a utilização do teste de absorção de água, como indicativo do tempo de cozimento, tem sido questionada devido à baixa correlação encontrada (CARBONELL et al., 2003).

O tempo de embebição dos grãos de feijão para a avaliação do teste de absorção de água, sugerido pela metodologia oficial adotada

pelo SNPC é de 18 horas (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989). Entretanto, 16 horas (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003), 12 horas (LEMOS et al., 2004) e até mesmo 4 horas de embebição tem sido utilizado (COSTA et al., 2001). Esses resultados sugerem a necessidade de padronização do tempo de embebição dos grãos de feijão em água destilada para os testes de absorção de água e de cozimento, haja vista que o tempo de máxima hidratação dos grãos é variável com o genótipo considerado, podendo oscilar de 8h08min (IAC Carioca Aruã) até 15h44min (IAC Carioca Pyatã) (LEMOS et al., 2004).

Considerando esses aspectos, o objetivo deste trabalho foi o de padronizar o tempo de embebição dos grãos de feijão de diferentes cultivares para a avaliação do teste de absorção de água pelos grãos e para a determinação do tempo de cozimento, com fins de identificação de genótipos com alta qualidade de cozimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS. Os grãos utilizados foram provenientes de um experimento conduzido a campo do Programa de Melhoramento de Feijão desta instituição.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, e as parcelas foram constituídas de quatro fileiras,

de 4m de comprimento, espaçadas em 0,50m, e área útil de 3m². Foram avaliadas 19 cultivares de feijão registradas no SNPC-MAPA para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul (Tabela 3).

O preparo do solo foi realizado de maneira convencional e a adubação baseada na análise química do solo. A densidade de semeadura foi ajustada conforme a recomendação da CEPEF (2001) para as diferentes cultivares. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40kg.ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifoliadas. O controle de insetos e de plantas invasoras foi realizado sempre que necessário, a fim de evitar que a cultura sofresse competição.

A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas em janeiro de 2003 e, após a separação das impurezas em máquinas de ar e peneiras, os grãos foram secos em terreiro de cimento, e em estufa, até a umidade de 12%, em média. Em seguida, amostras de 2,0kg de grãos foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria (0°C de temperatura e 80% de umidade relativa) por 10 meses, antes das avaliações da qualidade dos grãos para o cozimento.

Nas avaliações em laboratório, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 19 x 4, com três repetições de 25 grãos. Para o teste de absorção de água, os grãos das diferentes cultivares foram colocados em copos plásticos, com 50ml de água destilada, em quatro tempos de embebição (8, 11, 14 e 17 horas), à temperatura ambiente (23°C). Após o tempo pré-determinado, os grãos foram retirados e parcialmente secos com papel toalha, para retirar o excesso de água que permaneceu externamente

nos tegumentos. A absorção de água foi determinada pela diferença de peso dos grãos antes e após a embebição, conforme as metodologias de GARCIA-VELA & STANLEY (1989) e de PLHAK et al. (1989). Também foram quantificadas a percentagem de grãos normais (com absorção normal de água) e a percentagem de grãos duros (sem a capacidade de absorver água) em relação ao número total de grãos avaliados, através da contagem manual.

O tempo de cozimento dos grãos foi determinado com a utilização do aparelho cozedor de Mattson de 25 pinos (PROCTOR & WATTS, 1987). Após os tempos de embebição previstos, a água foi eliminada e os grãos foram colocados na placa suporte do aparelho, e cada pino ficou acima de um grão. O aparelho foi colocado em uma panela com água destilada fervente e mantido aquecido em um fogão a gás. À medida que ocorria o cozimento, os pinos caíam e atravessavam os grãos, momento em que foi anotado o tempo decorrido do instante em que o cozedor foi colocado na água fervente até a queda do pino, obtendo-se o tempo de queda de cada pino ou o tempo de cozimento de cada grão. O tempo necessário para que 13 pinos (metade + 1) caíssem foi utilizado para determinar o tempo médio de cozimento de cada amostra.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, utilizando o teste F em nível de 5% de probabilidade de erro, para testar as hipóteses dos efeitos principais e da interação. Para as variáveis com interação cultivares e tempos de embebição efetuou-se análise de regressão de tempo dentro de cultivar. Também realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou presença de interação significativa entre cultivares e tempos de embebição em relação à percentagem de grãos normais, percentagem de grãos duros, teste de absorção de água pelos grãos e tempo de cozimento, indicando resposta diferenciada das cultivares de feijão em função do tempo de permanência dos grãos em embebição (Tabela 4).

Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis consideradas oscilaram de 2,02% a 5,48%, conferindo boa precisão experimental às estimativas deste ensaio, pois são considerados baixos. No entanto, coeficiente de variação de 188,29% foi verificado para grãos duros, provavelmente pela quase inexistência de grãos sem a capacidade de hidratação, média de 1,06%, mesmo após o menor período de embebição (oito horas). Acredita-se que as condições ambientais prevalecentes no período de maturação fisiológica a colheita dos grãos tenham sido favoráveis a não ocorrência de grãos duros nas cultivares avaliadas, pois essa característica é muito influenciada pelos efeitos genéticos, ambientais e interação entre esses fatores (Carbonell et al. 2003; Lemos et al. 2004). Assim, valores baixos ou de reduzida intensidade para grãos duros foram observados, indicando comportamento favorável das cultivares para essa característica.

Em relação à percentagem de grãos normais observou-se que, independentemente do tempo em que os grãos de feijão permaneceram em embebição em água destilada, não houve aumento no número de

grãos com absorção normal de água, para a maioria das cultivares avaliadas, pois nenhuma equação de regressão foi ajustada (Tabela 5). No entanto, para as cultivares Diamante Negro e IAPAR 44, um aumento na percentagem de grãos normais foi constatado até as 14h34min e as 14h39min, respectivamente. Cabe destacar que essas cultivares apresentaram as menores médias de grãos normais, 90,33% (Diamante Negro) e 94,33% (IAPAR 44), o que sugere problemas de impermeabilidade do tegumento, influenciando na capacidade de hidratação dos grãos. Quanto a BRS Expedito não foi possível estimar o tempo ideal de embebição, pois mesmo após 17h de imersão, ainda pode se constatar absorção de água pelos grãos; no entanto, é oportuno destacar que a percentagem média de grãos normais foi de 98,99%.

Quanto ao teste de absorção de água pelos grãos, comportamento diferenciado foi observado, sendo que para oito cultivares, o tempo de embebição não influenciou essa variável, pois nenhum efeito da regressão foi significativo (Tabela 5). Entretanto, para oito cultivares foi ajustada equação linear e somente para duas (TPS Bionobre e TPS Nobre) foi possível estimar o tempo de máxima hidratação. Já, o resultado obtido em relação a IAPAR 44 foi inesperado e de difícil explicação, pois à medida que os grãos de feijão permaneceram por mais tempo em embebição esperava-se maior absorção. Assim, é possível afirmar que o tempo de máxima hidratação dos grãos é variável com o genótipo avaliado a semelhança do observado também por LEMOS et al. (2004). No entanto, a quantificação do tempo de máxima hidratação foi possível para esses autores, haja vista que equações de segundo grau foram ajustadas para cada um dos

genótipos avaliados. Acredita-se que os diferentes intervalos de tempo utilizados, bem como as condições ambientais prevaletentes na obtenção dos grãos, as técnicas de processamento dos grãos e a temperatura de embebição tenham contribuído para as diferenças encontradas, pois esses fatores influenciam a integridade do tegumento dos grãos de feijão e, por conseqüência, na absorção de água e no cozimento (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b).

Sendo assim, para o teste de absorção de água pelos grãos podem ser utilizadas oito horas de embebição, pois foram eficientes para a diferenciação de grãos normais e duros para a maioria das cultivares avaliadas de feijão, com valores próximos a 100% de grãos normais. Acredita-se que períodos de imersão superiores não sejam necessários, pois mesmo para aquelas cultivares que necessitaram de maior tempo de embebição (Diamante Negro e IAPAR 44) foi possível atingir índices considerados satisfatórios.

O tempo de cozimento evidenciou que oito horas de embebição foram eficazes para identificar cultivares com alta capacidade de cocção para 12 cultivares avaliadas, o que corresponde a 63% do total (Tabela 5). Esse resultado permite inferir que a embebição dos grãos de feijão em água destilada por 8 ou por 17 horas não implicará em maior ou menor tempo de cozimento para essas cultivares. Entretanto, o tempo de cozimento diminuiu com o aumento do tempo de permanência dos grãos em embebição até as 10h33min (IAPAR 31) e as 15h54min (IAPAR 44). Nesse sentido, para essas duas cultivares, mais tempo de embebição dos grãos em água destilada tornou-se

necessário, para que o cozimento ocorresse em menor tempo. Já, o resultado obtido em relação às cultivares BRS Expedito e TPS Nobre não era esperado, e foi de difícil explicação, pois com maior tempo de embebição ocorreu aumento do tempo de cozimento até as 12h58min (BRS Expedito) e as 14h52min (TPS Nobre).

As 19 cultivares de feijão apresentaram tempo de cozimento inferior a 22min35s (Tabela 5). Resultado semelhante foi observado para cultivares de feijão do grupo carioca avaliadas em São Paulo (LEMOS et al., 2004), o que reflete o esforço dos programas de melhoramento no desenvolvimento de cultivares com cozimento rápido adequadas as necessidades do consumidor de feijão da atualidade que não dispõe de muito tempo para o preparo das refeições e que aprecia a qualidade do produto consumido.

Além disso, é importante mencionar que se fosse adequado o tempo de embebição para a cultivar que necessitou de maior tempo (IAPAR 44) estar-se-ia nivelando as cultivares com rápida absorção (desejável) àquelas com demorada absorção (cozimento em maior tempo). Também, convém destacar que foram avaliadas cultivares comerciais, cujos grãos foram armazenados por 10 meses em câmara fria antes da avaliação, o que representa uma condição extrema, pois, normalmente, a qualidade de cozimento é realizada logo após a colheita. Então, pode-se inferir que períodos de tempo demasiadamente longos de embebição não são necessários, pois beneficiam as cultivares que necessitam de maior tempo para que ocorra a hidratação do tegumento.

Os coeficientes de correlação obtidos entre as variáveis analisadas diferiram em magnitude e em sinal para as diferentes cultivares (Tabela 6). Na maioria das combinações, os coeficientes não foram significativos, pois não foi ajustada regressão linear. Quando se considera as 19 cultivares de feijão, observou-se correlação positiva, significativa e de baixa magnitude entre o teste de absorção de água e o tempo de cozimento, confirmando o observado por CARBONELL et al. (2003). Outros autores também têm observado correlação positiva e significativa entre essas variáveis (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003). Por outro lado, também é relatada na literatura correlação negativa e significativa entre absorção de água e o tempo de cozimento (JACINTO et al., 1999). Assim, a utilização do teste de absorção de água, como indicativo do tempo de cozimento, deve ser melhor avaliada pelos programas de melhoramento de feijão, tendo em vista as respostas divergentes encontradas na literatura e o efeito da interação genótipo x ambiente sobre essas características (SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Assim, pode-se afirmar que o tempo de embebição dos grãos de feijão de oito horas é suficiente para a realização do teste de cozimento, pois possibilitou a diferenciação de grãos normais de duros, no teste de absorção de água pelos grãos, e a identificação de cultivares com cozimento rápido. Isso sugere que o tempo de embebição recomendado pelas metodologias oficiais (BRASIL, 2001)

pode ser reduzido, pois o período atualmente preconizado pode fornecer uma informação equivocada da superioridade da qualidade de grãos de feijão para o cozimento.

CONCLUSÕES

Oito horas de embebição dos grãos de feijão, são eficientes para a avaliação do teste de absorção de água, para a quantificação do tempo de cozimento e para a diferenciação de grãos normais de duros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. ANEXO IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC. 2001.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CEPEF. **Recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim: São Cristóvão, 2001. 112 p.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.1017-1021, 2001.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

GARCIA-VELA, L.A. & STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

JACINTO, C.H. et al. Seed physical traits and inheritance of cooking time in recombinant bean inbred lines. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.42, p.125-126, 1999.

LEMOS, L.B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

PLHAK, L.C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.326-336, 1989.

PROCTOR, J.R. & WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v.20, n.1, p.9-14, 1987.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a. 880p. p.339-342.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6, 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b. 880p. p.389-392.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v.28, n.3, p.452-458, 1988.

YOKOYAMA, L.P. & STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75p.

Tabela 3 - Hábito de crescimento, grupo comercial, procedência e genealogia de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Cultivares	HC*	Grupo comercial	Procedência	Genealogia**
Carioca	III	Carioca	IAC1	Seleção em cultivar local em SP
Diamante Negro	II	Preto	CNPAF2	XAN87/A367
BRS Expedito		Preto	CPATB3	-
FTS Magnífico	III	Carioca	FT	FT120/FT84-179
			SEMENTES4	
FTS Soberano	II	Preto	FT	FT90-109/IAPAR 31/FT- Rio Preto
			SEMENTES	
BR Fepagro 44 - Guapo Brillhante	II	Preto	CPATB	XAN125 x [BAT336 x (A83 x ICA Pijao)]
Guateian 6662	II/III	Preto	CPATB	Introdução da Costa Rica
Iapar 31	II	Carioca	IAPAR 5	BAC4/RAI46//BAC2/IGUAÇÚ/3/BAT/BAC4
Iapar 44	II	Preto	IAPAR	(BAC2 x RAI12) x (Rio Tibagi x Cornell 49242)
Irai	I	Manteigão	CPATB	Seleção em material local
BR Ipagro 1 - Macanudo	II/III	Preto	CPATB	A358 x [A176 x (G4326 x XAN40)]
BR Ipagro 35 - Macotaço	III	Preto	CPATB	A358 x [A176 x (G4326 x XAN40)]
BR Ipagro 3 - Minuano	III	Preto	CPATB	A358 x [A176 x (G4326 x XAN40)]
Pérola	III	Carioca	CNPAF	Seleção massal na cultivar Aporé
Rio Tibagi	II	Preto	CPATB	S-89-N (introdução)
TPS Bionobre	II	Preto	FT	-
			SEMENTES	
TPS Bonito	III	Carioca	FT	Iapar 14 / IAC Carioca
			SEMENTES	
TPS Nobre	II	Preto	FT	(FT120 x FT84-1806) x FT84-424
			SEMENTES	
BRS Valente	II	Preto	CPATB	(Engopa 201-Ouro x Ônix) x NA 512586

* HC: hábito de crescimento: I: determinado; II: indeterminado com ramificações fechadas; III: indeterminado com ramificações abertas.

**/: cruzamento simples; //: Cruzamento duplo

1 IAC: Instituto Agronômico de Campinas.

2 CNPAF: Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão, Goiânia, GO.

3 CPATB: Centro Nacional de Pesquisa de Terras Baixas, Pelotas, RS.

4 FT SEMENTES: Francisco Terrasawa Pesquisa e Semente Ltda., Ponta Grossa, PR.

5 IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, PR.

Tabela 4 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	GL	Quadrado médio (1)			
		Normais (%)	Duros (%)	Absorção (%)	Cocção (minutos)
Cultivar (C)	18	72,78*	72,78*	562,14*	54,44*
Tempo (T)	3	39,62*	39,62*	575,53*	1,88ns
C*T	54	11,47*	11,47*	41,97*	2,97*
Erro	152	3,99	3,99	12,35	0,96
Média	-	98,94	1,06	96,52	17,93
CV(%)	-	2,02	188,29	3,64	5,48

(1) * = efeito significativo em nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

Tabela 5 - Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R²), média e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de 19 cultivares de feijoeiro avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação à percentagem de grãos normais (normais), ao teste de absorção de água (absorção) e ao tempo de cozimento (cocção). Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Cultivar	RL	RQ	RC	Equação de regressão Y = função (t)	R ² (%)	Média	PMET
Y: Normais (%); t: tempo (hs)							
Carioca	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Diamante Negro	*	*	ns	Y = 24,792 + 9,709t - 0,333t ²	99	90,33	14h34min ⁽¹⁾
BRS Expedito	*	ns	ns	Y = 94 + 0,399t	60	98,99	-
FTS Magnífico	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
FTS Soberano	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Guapo Brillhante	ns	ns	ns	-	-	99,66	-
Guateian 6662	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Iapar 31	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Iapar 44	*	*	ns	Y = 42,849 + 7,593t - 0,259t ²	97	94,33	14h39min ⁽¹⁾
Iraí	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Macanudo	ns	ns	ns	-	-	99,66	-
Macotaco	ns	ns	ns	-	-	99,33	-
Minuano	ns	ns	ns	-	-	99,33	-
Pérola	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Rio Tibagi	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
TPS Bionobre	ns	ns	* ⁽³⁾	-	-	98,33	-
TPS Bonito	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
TPS Nobre	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Valente	ns	ns	ns	-	-	99,99	-
Y: Absorção (%); t: tempo (hs)							
Carioca	*	ns	ns	Y = 85,984 + 0,773t	72	95,65	-
Diamante Negro	*	ns	* ⁽³⁾	Y = 46,781 + 2,791t	89	81,67	-
BRS Expedito	*	ns	ns	Y = 106,685 + 0,818t	71	116,91	-
FTS Magnífico	ns	ns	ns	-	-	99,51	-
FTS Soberano	*	ns	ns	Y = 86,367 + 0,769t	57	95,98	-
Guapo Brillhante	*	ns	ns	Y = 75,658 + 1,013t	84	88,33	-
Guateian 6662	ns	ns	ns	-	-	98,28	-
Iapar 31	ns	ns	ns	-	-	95,97	-
Iapar 44	*	*	ns	Y = 132,183 - 9,179t + 0,429t ²	99	89,34	10h41min ⁽²⁾
Iraí	ns	ns	ns	-	-	98,01	-
Macanudo	ns	ns	ns	-	-	96,64	-
Macotaco	ns	ns	ns	-	-	95,22	-
Minuano	*	ns	ns	Y = 85,289 + 0,654t	81	93,47	-
Pérola	ns	ns	ns	-	-	100,43	-
Rio Tibagi	*	ns	ns	Y = 85,931 + 0,901t	84	97,19	-
TPS Bionobre	*	*	ns	Y = 38,129 + 7,829t - 0,242t ²	98	95,49	16h11min ⁽¹⁾
TPS Bonito	*	ns	* ⁽³⁾	Y = 76,114 + 2,163t	91	103,15	-
TPS Nobre	ns	*	ns	Y = 59,129 + 6,719t - 0,276t ²	74	96,90	12h10min ⁽¹⁾
Valente	ns	ns	ns	-	-	95,70	-
Y: Cocção (segundos); t: tempo (hs)							
Carioca	ns	ns	ns	-	-	17min 24s	-
Diamante Negro	ns	ns	ns	-	-	19min 48s	-
BRS Expedito	ns	*	* ⁽³⁾	Y = 2,148 + 202,219t - 7,796t ²	71	20min 24s	12h58min ⁽¹⁾
FTS Magnífico	*	ns	ns	Y = 928,056 + 18,522t	91	19min 20s	-
FTS Soberano	ns	ns	ns	-	-	16min 54s	-
Guapo Brillhante	*	ns	ns	Y = 983,833 - 10,400t	86	14min 14s	-
Guateian 6662	ns	ns	ns	-	-	18min 10s	-
Iapar 31	*	*	ns	Y = 1452,296 - 115,441t + 5,463t ²	95	15min 24s	10h33min ⁽²⁾
Iapar 44	*	*	* ⁽³⁾	Y = 1987,806 - 122,783t + 3,861t ²	81	18min 20s	15h54min ⁽²⁾
Iraí	*	ns	ns	Y = 1148,667 + 16,500t	81	22min 35s	-
Macanudo	ns	ns	ns	-	-	13min 51s	-
Macotaco	ns	ns	ns	-	-	16min 27s	-
Minuano	ns	ns	ns	-	-	17min 05s	-
Pérola	ns	ns	ns	-	-	19min 24s	-
Rio Tibagi	ns	ns	* ⁽³⁾	-	-	16min 52s	-
TPS Bionobre	ns	ns	ns	-	-	18min 02s	-
TPS Bonito	ns	ns	ns	-	-	18min 27s	-
TPS Nobre	*	*	ns	Y = 391,769 + 116,020t - 3,898t ²	94	19min 49s	14h52min ⁽¹⁾
Valente	ns	ns	ns	-	-	18min 06s	-

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

⁽¹⁾ Ponto de Máxima Eficiência Técnica ⁽²⁾ Ponto de Mínima Eficiência Técnica ⁽³⁾ Regressão para terceiro grau não ajustada por ser de difícil explicação biológica

Tabela 6 - Coeficientes de correlação de Pearson (1) entre as características percentagem de grãos normais (normais), teste de absorção da água (absorção), tempo de cozimento (cocção) e tempo de embebição (tempo) de 19 cultivares de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Característica	Tempo (h)	Normais (%)	Absorção (%)	Tempo (h)	Normais (%)	Absorção (%)	
		--- Carioca ---			--- Diamante Negro ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,7198*			
Absorção (%)	0,6611*	-0,0000ns		0,9081*	0,8537*		
Cocção (seg)	-0,2680ns	0,0000ns	-0,5450ns	-0,3879ns	-0,1805ns	-0,2947ns	
		--- BRS Expedito ---			--- FTS Magnífico ---		
Normais (%)	0,5635ns			0,0000ns			
Absorção (%)	0,5460ns	0,0464ns		0,0246ns	0,0000ns		
Cocção (seg)	0,2664ns	0,5840*	-0,1346ns	0,8518*	-0,0000ns	-0,1006ns	
		--- FTS Soberano ---			--- Guapo Brilhante ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,4045ns			
Absorção (%)	0,6579*	-0,0000ns		0,8962*	0,4361ns		
Cocção (seg)	0,3048ns	0,0000ns	-0,1184ns	-0,7908*	-0,1447ns	-0,8306*	
		--- Guateian 6662 ---			--- Iapar 31 ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,0000ns			
Absorção (%)	0,6785*	0,0000ns		0,5426ns	0,0000ns		
Cocção (seg)	-0,0449ns	0,0000ns	-0,0182ns	0,7067*	-0,0000ns	0,4123ns	
		--- Iapar 44 ---			--- Iraí ---		
Normais (%)	0,5314ns			0,0000ns			
Absorção (%)	0,6238*	0,6008*		0,7974*	-0,0000ns		
Cocção (seg)	-0,8001*	-0,5403ns	-0,3822ns	0,5253ns	0,0000ns	0,3156ns	
		--- Macanudo ---			--- Macotaco ---		
Normais (%)	0,1348ns			0,2000ns			
Absorção (%)	0,0215ns	0,0279ns		0,4690ns	0,3626ns		
Cocção (seg)	0,0561ns	0,4136ns	0,4185ns	0,3623ns	0,2866ns	0,6206*	
		--- Minuano ---			--- Pérola ---		
Normais (%)	0,6000*			0,0000ns			
Absorção (%)	0,8373*	0,6888*		0,7745*	0,0000ns		
Cocção (seg)	-0,0835ns	0,0343ns	-0,3251ns	0,6668*	0,0000ns	0,5129ns	
		--- Rio Tibagi ---			--- TPS Bionobre ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,3435ns			
Absorção (%)	0,4633ns	0,0000ns		0,8688*	0,3586ns		
Cocção (seg)	-0,1089ns	0,0000ns	0,0332ns	-0,2755ns	-0,4140ns	-0,1702ns	
		--- TPS Bonito ---			--- TPS Nobre ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,0000ns			
Absorção (%)	0,8006*	0,0000ns		-0,1511ns	-0,0000ns		
Cocção (seg)	-0,3546ns	0,0000ns	-0,1012ns	0,5944*	0,0000ns	-0,1605ns	
		--- Valente ---			--- Todas cultivares (2) ---		
Normais (%)	0,0000ns			0,1930*			
Absorção (%)	0,6113*	0,0000ns		0,3270*	0,5093*		
Cocção (seg)	0,4534ns	0,0000ns	0,6263*	0,0544ns	-0,1652*	0,1708*	

⁽¹⁾ * Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, com 10 graus de liberdade, ns = não significativo.

⁽²⁾ * Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, com 226 graus de liberdade, ns = não significativo.

CAPÍTULO III

QUALIDADE PARA O COZIMENTO DE GRÃOS DE FEIJÃO OBTIDOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

COOKING QUALITY OF COMMON BEAN GRAIN OBTAINED IN DIFFERENTS SOWING DATES

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de épocas de semeadura na qualidade de grãos de feijão para o cozimento, nas cultivares TPS Nobre e Pérola, como elemento auxiliar na identificação e no desenvolvimento de genótipos com alta capacidade de cocção. O estudo foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 5 x 2 x 4, com três repetições. Os grãos de feijão foram obtidos em cinco épocas de semeadura, para as duas cultivares, e imersos em água destilada durante 4, 8, 12 e 16 horas, à temperatura ambiente (25°C). A percentagem de grãos normais e de grãos duros para a ‘TPS Nobre’ não foi influenciada pela época de semeadura; porém, para a ‘Pérola’ um aumento na percentagem de grãos duros foi verificada em semeadura tardia. Quanto ao teste de absorção de água, os menores valores foram obtidos na última época e o efeito de regressão foi sempre significativo. O tempo de cozimento foi variável nas diferentes

épocas de semeadura, para as duas cultivares, mas foram sempre reduzidos (15min24s a 20min37s). Os coeficientes de correlação obtidos diferiram em magnitude e significância. Concluiu-se que as condições ambientais prevalecentes durante o período de obtenção dos grãos de feijão interferem na qualidade para o cozimento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., absorção de água, tempo de cocção, interação genótipo x ambiente.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of sowing dates on cooking quality of bean cultivars TPS Nobre and Perola, how assistant element on identification and development of genotypes with high cooking capacity. The completely randomized design was used in a 5 x 2 x 4 factorial arrangement, with three replications. Grains were obtained of five sowing dates, to two cultivars, and were set to imbibe during four different periods at room temperature (4 to 16 hours of uptake). The percentage of normal and hard grains were not influenced by sowing dates of TPS Nobre cultivar; but, increase of percentage of hard grains of Pérola cultivar was verificated in late sowing. The lower water uptake was obtained the last sowing, but regression effect was significant always. The cooking time was different in sowing dates, to two cultivars, but it was lower (15min 24s to 20min 37s). Correlation coefficients obtained differed in magnitude

and significance on different sowing dates. The results confirmed what prevailing environment condition during of period to obtention of bean grain influenced on cooking quality.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., water uptake, cooking time, genotype x environment interaction.

INTRODUÇÃO

O feijão pelo fato de ser uma espécie com ciclo anual e desenvolvimento precoce, é mais sensível às variações ambientais (ROSSE & VENCOVSKY, 2000). As mudanças climáticas que ocorrem nas diversas regiões produtoras do Brasil, especialmente em relação à temperatura, umidade, radiação solar e fotoperíodo, influenciam o desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes (ZIMMERMANN et al., 1996). Dessa forma, durante o processo de desenvolvimento e de avaliação de cultivares, o conhecimento dos efeitos da interação genótipo x ambiente é de grande importância para a seleção e para a definição de cultivares adequadas às condições de cultivo.

Além de incrementos no potencial de produtividade da cultura, as características tecnológicas, particularmente aquelas relacionadas com a qualidade para o cozimento (rápida absorção de água e tempo de cocção reduzido), também são importantes no melhoramento, pois são fatores determinantes da preferência por determinada cultivar de feijão pelos consumidores, produtores e indústria alimentícia.

A qualidade para o cozimento dos grãos é determinada pelo genótipo e influenciada pelo ambiente que atua durante o desenvolvimento da planta e dos grãos (DALLA CORTE et al., 2003). De acordo com esses autores, os fatores climáticos (alta temperatura no período de enchimento dos grãos), as práticas de cultivo, o beneficiamento pós-colheita, as condições de armazenamento e a tecnologia de processamento, afetam a qualidade dos grãos para o cozimento. Assim, as condições locais prevalentes durante a obtenção dos grãos contribuem para a ocorrência de interação genótipo x ambiente nas características culinárias do feijão (CARBONELL et al., 2003).

A capacidade de cocção está relacionada à rápida absorção de água pelos grãos antes do cozimento (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PHLAK et al., 1989). Segundo SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR (1999a, b), além da capacidade de hidratação, as características do tegumento dos grãos, assim como a qualidade do grão no momento da colheita, são fatores determinantes para o cozimento.

Cultivares de feijão que apresentam cozimento em menos de 30 minutos são desejáveis, pois seu uso implica em economia de energia e de capital. Variabilidade genética para tempo de cozimento em feijão tem sido constatada, com valores entre 13,51 min a 100,3 min (CARNEIRO et al., 1999a; CARNEIRO et al., 1999b; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003). Como estimativas de herdabilidade superiores a 60% foram

encontradas em diferentes famílias de feijão, esperam-se facilidades para a seleção dessa característica (BELICUAS et al., 2001).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de épocas de semeadura na qualidade de grãos de feijão para o cozimento, nas cultivares TPS Nobre e Pérola, como elemento auxiliar na identificação e no desenvolvimento de genótipos com alta qualidade de cozimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS, utilizando grãos provenientes do Programa de Melhoramento de Feijão desta instituição.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifoliadas. A densidade da semeadura foi ajustada para cultivares de hábitos de crescimento dos tipos II e III, segundo recomendação da CEPEF (2003). Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados, sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição.

A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas a partir da maturação fisiológica das plantas, em cada época, e após a separação das impurezas foram preparadas as amostras dos grãos que constituíram cada tratamento.

O estudo foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em fatorial 5 x 2 x 4, com três repetições. As cinco épocas foram obtidas a partir de diferentes datas de semeadura (época 1: 15/10/2003, época 2: 29/10/2003, época 3: 21/11/2003, época 4: 05/12/2003 e época 5: 12/02/2004). As duas cultivares utilizadas de feijão foram TPS Nobre (preto) e Pérola (carioca), que apresentam hábito de crescimento indeterminado, com ramificações fechadas (tipo II) e com ramificações abertas (tipo III), respectivamente. Os quatro tempos de embebição dos grãos, em água destilada, foram 4, 8, 12 e 16 horas, à temperatura ambiente (25°C). As avaliações foram realizadas 10 dias após a colheita dos grãos, no máximo, a fim de avaliar as condições de grãos recém colhidos.

Para o teste de absorção de água, 25 grãos de feijão foram colocados em copos plásticos com 50ml de água destilada, nos diferentes tempos de embebição. A cada 30 minutos, uma amostra de grãos foi colocada em embebição para compor os tratamentos. Após o tempo pré-determinado, os grãos foram retirados e parcialmente secos em papel toalha. A percentagem de absorção de água dos grãos foi determinada pela diferença de peso antes e após a embebição conforme as metodologias de GARCIA-VELA & Stanley (1989) e de Plhak et al. (1989). A percentagem de grãos normais (com absorção normal de água) e a percentagem de grãos duros (sem a capacidade de

hidratação), em relação ao número total de grãos avaliados, também foram quantificadas, através da contagem manual.

A avaliação do cozimento dos grãos foi efetuada com o emprego do aparelho cozedor de Mattson, com 25 pinos (PROCTOR & WATTS, 1987). As amostras de grãos foram previamente embebidas em água destilada por 4, 8, 12 e 16 horas. A seguir, a água foi eliminada e os grãos colocados na placa suporte do aparelho ficando, cada pino, acima de um grão. O aparelho foi colocado em uma panela com água destilada fervente, mantendo-se o aquecimento. À medida que ocorria o cozimento, os pinos caíam e atravessavam os grãos, anotando-se o tempo decorrido do instante em que o cozedor foi colocado na água fervente até a queda do pino, e obtendo-se o tempo de queda de cada pino ou o tempo de cozimento de cada grão. O tempo necessário para que 13 pinos (metade + 1) caíssem foi utilizado para calcular o tempo médio de cozimento de cada amostra.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, utilizando o teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro, para testar as hipóteses dos efeitos principais e das interações. Neste estudo, o efeito de épocas de semeadura foi considerado aleatório e os efeitos de cultivares e de tempos de embebição, como fixos. Em relação às variáveis com interação épocas de semeadura x cultivares efetuou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As interações épocas de semeadura x tempos de embebição e cultivares x tempos de embebição foram desdobradas através de regressão de tempo dentro de cada época e tempo dentro de cada cultivar, respectivamente. O desdobramento da interação tripla

(épocas de semeadura x cultivares x tempos de embebição) foi realizado através de regressão de tempo de embebição dentro de cada combinação de época e cultivar. Também realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis nas diferentes épocas de semeadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou a presença de interações duplas significativas (épocas de semeadura x cultivares, épocas de semeadura x tempos de embebição e cultivares x tempos de embebição) para a percentagem de grãos normais e para a percentagem de grãos duros (Tabela 7). Para as interações épocas de semeadura x cultivares e cultivares x tempos de embebição observou-se que as cultivares de feijão TPS Nobre e Pérola se comportaram de maneira diferenciada nas épocas de semeadura e também em função do tempo de permanência dos grãos em imersão. A interação épocas de semeadura x tempos de embebição revelou que o comportamento do tempo de imersão diferiu nas épocas de semeadura. Por sua vez, interação tripla significativa (épocas de semeadura x cultivares x tempos de embebição) foi observada para o teste de absorção de água e para o tempo de cozimento (Tabela 7).

Os coeficientes de variação (CV%) obtidos em relação às variáveis percentagem de grãos normais, teste de absorção de água e tempo de cozimento oscilaram de 2,80 a 6,30%, conferindo boa

precisão experimental às estimativas deste ensaio, pois são considerados baixos. No entanto, elevado CV% (79,47%) foi obtido para a percentagem de grãos duros, provavelmente devido a quase inexistência de grãos sem a capacidade de hidratação, mesmo nos menores períodos de embebição, o que é um aspecto favorável, indicando esforços da seleção contra essa característica no desenvolvimento das cultivares de feijão.

A percentagem de grãos normais obtida pela ‘TPS Nobre’ foi superior à ‘Pérola’ em todas as épocas de semeadura, exceto na época 2 (29/10/03), onde não foram observadas diferenças significativas para as duas cultivares avaliadas (Tabela 8). Além disso, a percentagem de grãos normais e de grãos duros da cultivar TPS Nobre não foi influenciada pela época de semeadura e valores superiores a 97% de grãos normais foram obtidos. Entretanto, para a ‘Pérola’, os maiores valores de grãos normais foram observados nas épocas 1 (15/10/03) e 2 (29/10/03). Para essa cultivar, um incremento na percentagem de grãos duros foi constatada nas épocas 3 (21/11/03), 4 (05/12/03) e 5 (12/02/04), o que pode refletir em depreciação comercial dos grãos de feijão do grupo comercial carioca quando obtidos em semeadura tardia na região da depressão central do Rio Grande do Sul.

A ocorrência de grãos duros, sem a capacidade de absorção de água durante o processo de imersão, é conhecida na produção de sementes em situações de estresse hídrico (seca e temperaturas altas) próximo da época de colheita (CARBONELL et al., 2003). Ao que tudo indica, essa característica também é controlada por fatores

genéticos, e há possibilidades de que cultivares com baixa percentagem de grãos duros possam ser obtidas, mesmo em condições ambientais desfavoráveis, como foi observado neste trabalho para a cultivar TPS Nobre.

Apenas para a época 2, não foi possível o ajuste de uma equação para a percentagem de grãos normais e duros, indicando que os tempos de embebição não interferiram nestas características nessa época de semeadura (Tabela 9). Nas demais épocas, equações de 1º ou de 2º grau foram ajustadas, o que possibilitou a determinação do ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica. Assim, é possível inferir que o comportamento das cultivares de feijão pode ser influenciado pelas condições ambientais nas quais os grãos são obtidos e que o entendimento dessas relações é de fundamental importância na busca por cultivares com melhor qualidade para o cozimento.

O teste de absorção de água pelos grãos apresentou valores considerados altos apenas nas quatro primeiras épocas de semeadura, para as duas cultivares avaliadas (Tabela 8). Acredita-se que os altos índices observados de precipitação pluvial próximo à colheita dos grãos tenham contribuído para a menor percentagem de absorção de água na época 5 (Figura 3). Também, destaca-se que o comportamento das cultivares, nas diferentes épocas de semeadura, foi diferenciado em função do tempo de embebição, sendo que o efeito de regressão foi sempre significativo (Tabela 10). Considerando que as características do tegumento dos grãos, como espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais interferem na absorção de água pelos grãos de feijão (Wyatt

apud ESTEVES et al., 2002), pode-se afirmar que o tempo de máxima hidratação dos grãos varia com o genótipo e com as condições ambientais a que esses grãos são submetidos durante todo o seu desenvolvimento (CARNEIRO et al., 1999a; CARNEIRO et al., 1999b; KIGEL, 1999; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JÚNIOR, 1999b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Em relação ao tempo de cozimento, observou-se menor tempo de cocção na época 5, para ambas as cultivares, provavelmente como consequência da maior disponibilidade hídrica registrada durante o período de enchimento dos grãos (Tabela 8, Figura 3). Constatou-se que na época 3 foi possível o ajuste de uma equação quadrática com ponto de mínima eficiência técnica, fato inesperado e de difícil explicação, pois com maior tempo de embebição ocorreu aumento do tempo de cozimento após 10h 46min e 12h 46min, para ‘TPS Nobre’ e ‘Pérola’, respectivamente (Tabela 10). As diferenças encontradas nas cultivares e nas diferentes épocas de semeadura indicam que os componentes genéticos e ambientais, bem como a interação entre genótipo x ambiente influenciam o tempo de cozimento (CARBONELL et al., 2003).

O reduzido tempo de cozimento dos grãos das duas cultivares avaliadas em todas as épocas de semeadura (15min24s a 20min37s) é uma característica desejável e, muitas vezes, determinante da aceitação de uma cultivar de feijão (Tabela 10). Resultado semelhante foi encontrado, com tempo médio de cozimento variando de 22min04s a 24min17s, para as cultivares TPS Nobre e Pérola, respectivamente

(CARBONELL et al., 2003; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b). Entretanto, valores variando de 37min a 42min02s foram observados para essas mesmas cultivares (RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002). Essas diferenças de resultados comprovam que o tempo de cozimento é influenciado pelas condições dos grãos no momento da colheita (seca ou chuva) que interferem na qualidade fisiológica, modificando a integridade do tegumento dos grãos, a capacidade de absorção de água e o tempo de cozimento (SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b).

As estimativas dos coeficientes de correlação obtidas entre as variáveis analisadas diferiram em magnitude e em significância nas diversas épocas de semeadura (Tabela 11). As variáveis – teste de absorção de água pelos grãos e tempo de cozimento – apresentaram correlação negativa e significativa ($p \leq 0,05$) nas épocas 1, 3 e 5, mostrando que à medida em que ocorreu o incremento na percentagem de absorção de água, reduziu-se o tempo de cozimento, como observado por JACINTO et al. (1999). Nas outras épocas de semeadura, porém, os coeficientes não foram significativos, evidenciando que não houve associação linear entre essas variáveis.

Assim, pode-se inferir que genótipos com maior capacidade de absorção não necessariamente apresentarão facilidade de cozimento, como destacado por CARBONELL et al. (2003). Contudo, outros autores têm observado correlação positiva e significativa entre essas variáveis (SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003).

Provavelmente, as respostas diferenciadas obtidas sejam justificadas pelas diferenças genéticas e quanto ao tempo de embebição dos grãos, em água destilada. Portanto, a utilização do teste de absorção de água, como indicativo do tempo de cozimento, deve ser melhor avaliada pelos programas de melhoramento de feijão, haja vista as respostas conflitantes encontradas na literatura e ao efeito da interação genótipo x ambiente sob essas características (SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Diante desses resultados, é possível inferir que as condições ambientais em que os grãos das cultivares de feijão TPS Nobre e Pérola foram submetidos, durante as cinco diferentes épocas de semeadura, interferiram na qualidade dos grãos para o cozimento. Sendo assim, as características - teste de absorção de água e tempo de cozimento - são influenciadas pelo genótipo, ambiente e interação genótipo x ambiente.

CONCLUSÕES

As condições ambientais de obtenção dos grãos de feijão interferem nas características da qualidade dos grãos para o cozimento, para as cultivares TPS Nobre e Pérola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELICUAS, P.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. CD-ROOM.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARNEIRO, J.D.S. et al. Potencial tecnológico dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a. 880p. p.408-411.

CARNEIRO, J.D.S. et al. Qualidade tecnológica dos grãos de linhagens de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b. 880p. p.412-415.

CEPEF. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: UPF, 2003. 149p.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

ESTEVES, A.M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p.999-1005, 2002.

GARCIA-VELA, L.A. & STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

JACINTO, C.H. et al. Seed physical traits and inheritance of cooking time in recombinant bean inbred lines. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.42, p.125-126, 1999.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Society et Environment**, Jerusalém, v.3, n.4, p.205-209, 1999.

LEMOS, L.B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

PLHAK, L.C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.326-336, 1989.

PROCTOR, J.R. & WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v.20, n.1, p.9-14, 1987.

RAMOS JÚNIOR E.U. & LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p.263-266.

ROSSE, L.N. & VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p.99-107, 2000.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a. 880p. p.339-342.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO

FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b. 880p. p.389-392.

ZIMMERMANN, M.J.O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAÚJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** POTAFÓS, 1996. 786p. p.223-273.

Tabela 7 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV%) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	GL	Quadrado médio ⁽¹⁾			
		Normais (%)	Duros (%)	Absorção (%)	Cocção (minutos)
Época (E)	4	143,08*	143,25*	1105,71*	73,46*
Cultivar (C)	1	511,38*	511,75*	273,40 ns	11,71 ns
Tempo (T)	3	351,06*	353,00*	3546,57*	33,81*
E*C	4	53,43*	53,46*	331,97*	7,21*
E*T	12	20,96*	21,04*	127,80*	6,72*
C*T	3	91,46*	91,91*	80,96 ns	2,63 ns
E*C*T	12	10,63ns	10,68 ns	47,23*	2,74*
Erro	80	7,30	7,33	20,84	1,34
Média	-	96,58	3,41	101,71	18,37
CV(%)	-	2,80	79,47	4,49	6,30

⁽¹⁾ * = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

Tabela 8 - Média ⁽¹⁾ da percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), teste de absorção de água (absorção) e tempo de cozimento (cocção) de duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Época	Pérola	Normais (%)		Pérola	Duros (%)		Pérola	Absorção (%)			Cocção (minutos)		
		TPS	Nobre Média		TPS	Nobre Média		TPS	Nobre Média	Pérola	TPS	Nobre Média	
1 (15/10/03)	96,33 b AB	99,66 a A	97,99	3,67 a CD	0,34 b A	2,01	100,73 b BC	105,21 a A	102,97	19,26 a AB	17,13 b B	18,20	
2 (29/10/03)	99,33 a A	99,66 a A	99,49	0,68 a D	0,34 a A	0,51	104,87 a B	102,11 a A	103,49	18,33 a B	19,22 a A	18,58	
3 (21/11/03)	89,00 b D	97,66 a A	93,33	11,00 a A	2,34 b A	6,67	101,35 b B	105,49 a A	103,42	20,38 a A	20,18 a A	20,28	
4 (05/12/03)	92,98 b C	97,00 a A	94,99	7,00 a B	3,00 b A	5,00	113,06 a A	103,78 b A	108,42	18,56 a B	18,00 a B	18,28	
5 (12/02/04)	94,95 b BC	99,25 a A	97,10	5,01 a BC	0,68 b A	2,84	96,07 a C	84,41 b B	90,24	15,52 a C	15,24 a C	15,38	
Média	94,52	98,64		5,47	1,34		103,22	100,20		18,41	18,03		

⁽¹⁾ Médias de tratamentos não seguidas de mesma letra (minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical) diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 9 - Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R^2), média e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de duas cultivares de feijoeiro semeadas em cinco épocas e avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação à percentagem de grãos normais (normais) e à percentagem de grãos duros (duros). Santa Maria – RS, UFSM, 2004

	RL	RQ	RC	Equação de regressão Y = função (t)	R ² (%)	Média	PMET
Y: Normais (%); t: tempo (hs)							
Época							
1 (15/10/03)	*	*	ns	$Y = 86,335 + 2,165t - 0,083t^2$	92	97,99	13h02min ⁽¹⁾
2 (29/10/03)	ns	ns	ns	-	-	99,49	-
3 (21/11/03)	*	ns	* ⁽³⁾	$Y = 84,001 + 0,933t$	86	93,33	-
4 (05/12/03)	*	*	ns	$Y = 78,696 + 2,876t - 0,104t^2$	99	94,99	13h50min ⁽¹⁾
5 (12/02/04)	*	*	ns	$Y = 84,550 + 2,124t - 0,072t^2$	100	97,10	14h45min ⁽¹⁾
Cultivar							
Pérola	*	*	ns	$Y = 76,691 + 3,081t - 0,108t^2$	99	94,52	14h16min ⁽¹⁾
TPS Nobre	*	ns	ns	$Y = 95,592 + 0,305t$	87	98,64	-
Y: Duros (%); t: tempo (hs)							
Época							
1 (15/10/03)	*	*	ns	$Y = 13,665 - 2,165t + 0,083t^2$	92	2,01	13h02min ⁽²⁾
2 (29/10/03)	ns	ns	ns	-	-	0,51	-
3 (21/11/03)	*	ns	* ⁽³⁾	$Y = 15,999 - 0,933t$	86	6,67	-
4 (05/12/03)	*	*	ns	$Y = 21,330 - 2,883t + 0,104t^2$	99	5,00	13h51min ⁽²⁾
5 (12/02/04)	*	*	ns	$Y = 15,495 - 2,140t + 0,073t^2$	100	2,84	14h24min ⁽²⁾
Cultivar							
Pérola	*	*	ns	$Y = 23,329 - 3,085t + 0,108t^2$	99	5,47	14h16min ⁽²⁾
TPS Nobre	*	ns	ns	$Y = 4,402 - 0,306t$	87	1,34	-

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

⁽¹⁾ Ponto de Máxima Eficiência Técnica ⁽²⁾ Ponto de Mínima Eficiência Técnica ⁽³⁾ Regressão para terceiro grau não ajustada por ser de difícil explicação biológica.

Tabela 10 - Teste de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação, coeficiente de determinação (R^2), média e ponto de máxima e/ou mínima eficiência técnica (PMET), de duas cultivares de feijoeiro semeadas em cinco épocas e avaliadas em quatro tempos de embebição, em relação ao teste de absorção de água (absorção) e ao tempo de cozimento (cocção). Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Época/Cultivar	RL	RQ	RC	Equação de regressão Y = função (t)	R^2 (%)	Média	PMET
Y: Absorção (%); t: tempo (hs)							
1 - Pérola	*	*	ns	$Y = 66,109 + 5,872t - 0,201t^2$	98	100,73	14h36min ⁽¹⁾
1 - TPS Nobre	*	*	ns	$Y = 79,108 + 4,650t - 0,170t^2$	96	105,21	13h41min ⁽¹⁾
2 - Pérola	*	*	ns	$Y = 81,328 + 4,711t - 0,196t^2$	99	104,87	12h01min ⁽¹⁾
2 - TPS Nobre	*	ns	ns	$Y = 89,448 + 1,266t$	96	102,11	-
3 - Pérola	*	*	ns	$Y = 55,763 + 7,147t - 0,216t^2$	98	101,35	16h32min ⁽¹⁾
3 - TPS Nobre	*	ns	ns	$Y = 92,095 + 1,339t$	86	105,49	-
4 - Pérola	*	*	ns	$Y = 47,646 + 11,907t - 0,447t^2$	100	113,06	13h19min ⁽¹⁾
4 - TPS Nobre	*	*	ns	$Y = 44,265 + 10,423t - 0,373t^2$	98	103,78	13h58min ⁽¹⁾
5 - Pérola	*	ns	ns	$Y = 66,327 + 2,974t$	97	96,07	-
5 - TPS Nobre	*	ns	ns	$Y = 68,452 + 1,596t$	83	84,41	-
Y: Cocção (segundos); t: tempo (hs)							
1 - Pérola	*	*	ns	$Y = 1477,500 - 62,275t + 2,594t^2$	99	19min26s	12h00min ⁽²⁾
1 - TPS Nobre	ns	ns	ns	-	-	17min13s	-
2 - Pérola	ns	ns	ns	-	-	18min33s	-
2 - TPS Nobre	ns	ns	ns	-	-	19min22s	-
3 - Pérola	*	*	ns	$Y = 2044,250 - 152,213t + 5,964t^2$	99	20min37s	12h46min ⁽²⁾
3 - TPS Nobre	*	*	ns	$Y = 1793,833 - 130,100t + 6,042t^2$	100	20min18s	10h46min ⁽²⁾
4 - Pérola	ns	ns	ns	-	-	18min55s	-
4 - TPS Nobre	ns	ns	ns	-	-	17min59s	-
5 - Pérola	*	ns	* ⁽³⁾	$Y = 1178,333 - 22,667t$	84	15min51s	-
5 - TPS Nobre	ns	ns	ns	-	-	15min24s	-

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns = efeito não significativo pelo teste F.

⁽¹⁾ Ponto de Máxima Eficiência Técnica ⁽²⁾ Ponto de Mínima Eficiência Técnica ⁽³⁾ Regressão para terceiro grau não ajustada por ser de difícil explicação biológica.

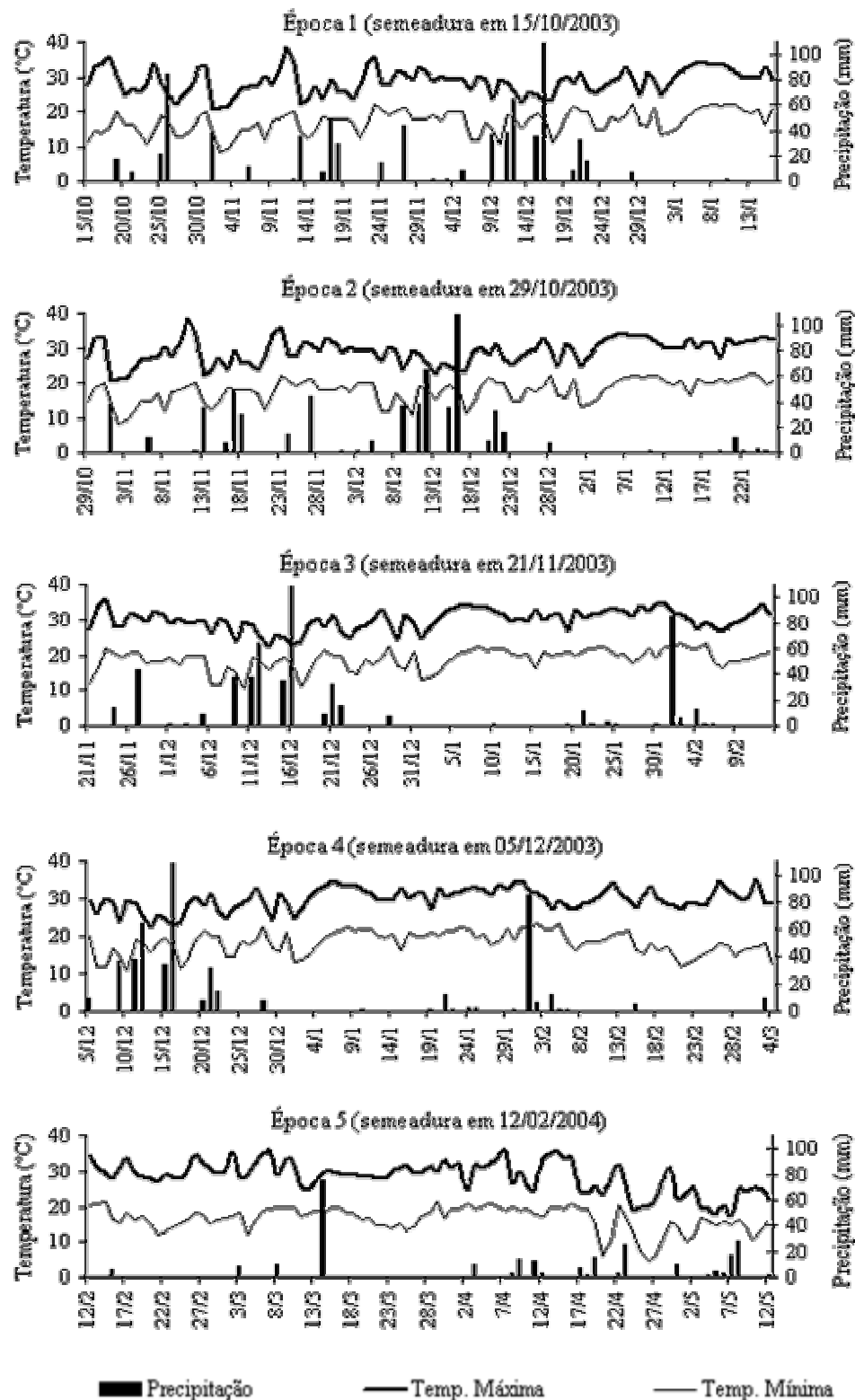


Figura 3 – Temperatura máxima e mínima do ar e precipitação pluvial ocorridos em Santa Maria nas cinco épocas de semeadura de duas cultivares de feijoeiro. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.

Tabela 11 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características percentagem de grãos normais (normais), percentagem de grãos duros (duros), percentagem de absorção de água (absorção), tempo de cozimento (cocção) e tempo de embebição (tempo) para duas cultivares de feijoeiro avaliadas em cinco épocas de semeadura e em quatro tempos de embebição. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Característica	Tempo (h)	Normais (%)	Duros (%)	Absorção (%)
15/10/2003 ⁽¹⁾				
Normais (%)	0,50*			
Duros (%)	-0,50*	-1,00*		
Absorção (%)	0,81*	0,77*	-0,77*	
Cocção (min)	-0,33ns	-0,64*	0,64*	-0,58*
29/10/2003 ⁽¹⁾				
Normais (%)	0,51*			
Duros (%)	-0,51*	-1,00*		
Absorção (%)	0,73*	0,57*	-0,57*	
Cocção (min)	-0,32ns	-0,05ns	0,05ns	-0,50ns
21/11/2003 ⁽¹⁾				
Normais (%)	0,57*			
Duros (%)	-0,57*	-1,00*		
Absorção (%)	0,80*	0,82*	-0,82*	
Cocção (min)	-0,57*	-0,52*	0,52*	-0,73*
05/12/2003 ⁽¹⁾				
Normais (%)	0,67*			
Duros (%)	-0,67*	-1,00*		
Absorção (%)	0,82*	0,56*	-0,56*	
Cocção (min)	-0,22ns	-0,24ns	0,24ns	-0,19ns
12/02/2004 ⁽¹⁾				
Normais (%)	0,65*			
Duros (%)	-0,65*	-1,00*		
Absorção (%)	0,80*	0,45*	-0,45*	
Cocção (min)	-0,80*	-0,82*	0,82*	-0,72*

⁽¹⁾ * Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, com 22 graus de liberdade. ns = não significativo.

CONCLUSÕES GERAIS

1 – A correlação entre o teste de absorção de água e o tempo de cozimento dos grãos de feijão é variável com as cultivares e com as épocas de semeadura.

2 – Oito horas de embebição são eficientes para a avaliação do teste de absorção de água, para a diferenciação de grãos normais de duros, e para a determinação do tempo de cozimento de cultivares de feijão.

3 – As condições ambientais prevalentes durante o período de obtenção dos grãos de feijão interferem nas características da qualidade para o cozimento.

BIBLIOGRAFIA GERAL

- ABREU, A.F.B. et al. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas Regiões Sul e Alto Parnaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.105-112, 1994.
- BELICUAS, P.R.; RAMALHO M.A.P.; ABREU, A.F.B. Controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2001. CD-ROOM.
- BORÉM, A. & CARNEIRO, J.E.S. A Cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa : UFV, 1998. 596p. p.13-17.
- BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. ANEXO IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC. 2001.
- CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, 2003.
- CARNEIRO, J.D.S. et al. Potencial dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999a. p.408-411.
- CARNEIRO, J.D.S. et al. Qualidade tecnológica dos grãos de linhagens de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999b. p.412-415.
- CEPEF. **Recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim : São Cristóvão, 2001. 112 p.

CEPEF. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo : UPF, 2003. 149p.

COLIN, S.M. Origen de Phaseolus vulgaris L. (frijol comum). **Agrociência**, México, v.1, p.99-109, 1967.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.1017-1021, 2001.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para tempo de cozimento no germoplasma de feijão da UFLA. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, p.429-431.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

ESTEVES, A.M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (Phaseolus vulgaris L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p.999-1005, 2002.

FRANKEL, R. & GALUN, E. **Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding**. New York : Springer-Verlag, 1977. 281p.

GARCIA-VELA, L.A. & STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (P. vulgaris L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

GEIL, P.B. & ANDERSON, J.W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v.13, n.6, p.549-558, 1994.

HUGHES, J.S. & SWANSON, B.G. Soluble and insoluble dietary fiber in cooked common bean (Phaseolus vulgaris L.) seeds. **Food Microstructure**, [S. l.], v.8, p.15-21, 1989.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, 1999 a 2004. página variável.

JACINTO, C.H. et al. Seed physical traits and inheritance of cooking time in recombinant bean inbred lines. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.42, p.125-126, 1999.

JONES, D.M.B. & BOULTER, D. The cause of reduced cooking rate in bean (*Phaseolus vulgaris*) following adverse storage conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, p.623-628, 1983.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Society et Environment**, Jerusalém, v.3, n.4, p.205-209, 1999.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba : POTAFÓS, 1996. 786p. p.22-70.

LEMOS, L.B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

LEMOS, L.B. et al. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1996. p.515-517.

McCLEAN, P.E.; MYERS, J.R.; HAMMOND, J.H. Coefficient of parentage and clusters analysis of North American dry bean cultivars. **Crop Science**, Madison, v.33, n.1, p.190-197, 1993.

MIRANDA, L.A. & DESTRO, D. Qualidade química dos alimentos. In: DESTRO, D. & MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina : Ed. UEL, 1999. 820 p.

PEREIRA, P.A. Evidências da domesticação e disseminação do feijoeiro comum e conseqüências para o melhoramento genético da espécie. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.19-23, 1990.

PLHAK, L.C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.326-336, 1989.

POMPEU, A.S. Feijão. In: FURLANI, A.M.C., VIEGAS, G.P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas : Instituto Agrônomo, 1993. p.111-156.

PROCTOR, J.R. & WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v.20, n.1, p.9-14, 1987.

RAMALHO, M.A.P. Melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2001. CD-ROOM.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia : UFG, 1993. 271p.

RAMOS JÚNIOR E.U. & LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p.263-266.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 814p. p.267-269.

RIBEIRO, N.D.; et al. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, n.1-2, 2003a. (no prelo)

RIBEIRO, N.D. et al. Adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão para a avaliação precoce de linhagens com cocção rápida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SBMP, 2003b. CD-ROOM.

ROSSE, L.N. & VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p.99-107, 2000.

SANTOS, J.B. & GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa : UFV, 1998. 596p. p.55-81.

SARTORI, M.R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. POTAFÓS, 1996. 786p. p.543-562.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999a. p.339-342. 880p.

SCHOLZ, M.B.S. & FONSECA JÚNIOR, N.S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999b. p.389-392. 880p.

SHIGA, T.M.; FILISETTI, T.M.C.C.; LAJOLO, F.M. Polissacarídeos da parede celular no fenômeno de endurecimento de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999. p.576-579. 880p.

SOARES, A.G.; MODESTA, R.C.D.; CARVALHO, J.L.V. Avaliação tecnológica de algumas cultivares de feijão visando avaliar as suas reais potencialidades de consumo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1996. p.495-500. 520p.

VELÁSQUEZ, V.L. & GEPTS, P. RFLP diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in its centers of origin. **Genome**, [S. l.], v.37, n.2, p.256-263, 1994.

VINDIOLA, O.L.; SEIB, P.A.; HOSENEY, R.C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.31, n.8, p.538-552, 1986.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v.28, n.3, p.452-458, 1988.

YOKOYAMA, L.P. & STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás : EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 75p.

ZIMMERMANN, M.J.O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba : POTAFÓS, 1996. 786p. p.223-273.