

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA EM ARROZ VERMELHO E ARROZ DE SEQUEIRO¹

Bruna Rafaela da Silva Menezes², Luiz Beja Moreira³, Higino Marcos Lopes³, Maurício Ballesteiro Pereira³

ABSTRACT

MORPHO-AGRONOMIC CHARACTERIZATION IN RED RICE AND UPLAND RICE

Red rice is considered a weed in white rice fields. Despite presenting features such as higher susceptibility to lodging and plant height, red rice genotypes with traits similar to white rice cultivars have already been observed. The aim of this study was to compare morphological and agronomic traits of red rice genotypes (Vermelho Pequeno and Vermelho Virgínia) and white rice cultivars (BRS Primavera and Caiapó) under upland crop conditions. An experiment was conducted in randomized blocks design, with five replications, in Seropédica, Rio de Janeiro State, Brazil, from November 2009 to March 2010. The Vermelho Virgínia genotype showed higher plant height and lower length x grain width ratio, while the Vermelho Pequeno genotype presented the lowest one thousand spikelets weight. The red rice genotypes showed a higher yield for viable panicles and no significant differences ($p > 0.05$) in relation to white rice cultivars, concerning percentage of fertile spikelets per panicle and grain yield, revealing their agronomic potential for upland crop conditions.

KEY-WORDS: *Oryza sativa* L.; yield; morphological traits.

RESUMO

O arroz vermelho é conhecido como planta invasora, em lavouras de arroz branco. Apesar de possuir características como porte elevado e maior susceptibilidade ao acamamento, já foram observados genótipos de arroz vermelho com características semelhantes às das cultivares de arroz branco. O presente estudo objetivou comparar genótipos de arroz vermelho (Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno) e branco (cultivares BRS Primavera e Caiapó), no que concerne a caracteres morfoagronômicos, sob condições de cultivo de sequeiro (terras altas). Para tanto, foi instalado experimento em blocos casualizados, com cinco repetições, em Seropédica (RJ), de novembro de 2009 a março de 2010. O genótipo Vermelho Virgínia apresentou maior porte e menor relação comprimento x largura do grão, enquanto o Vermelho Pequeno caracterizou-se pela menor massa de mil espiguetas. Os genótipos de arroz vermelho tiveram maior produtividade de panículas viáveis e não diferiram ($p > 0,05$) das cultivares de arroz branco, em percentagem de espiguetas férteis por panícula e produtividade de grãos, revelando o potencial agrônômico destes genótipos para cultivo em condições de sequeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L.; produtividade; características morfológicas.

INTRODUÇÃO

O arroz vermelho é praticamente desconhecido como planta cultivada, nas principais regiões produtoras de arroz, com exceção do oeste da África e pequenas áreas de países como o Brasil, Índia, China e Argentina. O arroz de pericarpo vermelho mais conhecido pertence à mesma espécie do arroz branco (*Oryza sativa* L.) e caracteriza-se por apresentar ramificações secundárias nas panículas, espiguetas persistentes no pedicelo e lígulas com até 10 mm de comprimento (Pereira 2004).

O pigmento vermelho só está presente no pericarpo e é formado durante a dessecação das sementes, no processo de maturação (Han et al. 2006). Dois locos responsáveis pela coloração avermelhada foram identificados: *Rc* (sementes de pericarpo marrom) e *Rd* (sementes de pericarpo vermelho). Quando presentes simultaneamente, estes genes produzem sementes de cor vermelha. *Rc*, na ausência de *Rd*, produz sementes marrons, enquanto *Rd*, isoladamente, não produz fenótipo. Três alelos *Rc* são conhecidos: *Rc*, que produz manchas marrons sobre uma base marrom avermelhada; *Rc-s*, que produz cor vermelha

1. Trabalho recebido em set./2010 e aceito para publicação em out./2011 (nº registro: PAT 11876/ DOI: 10.5216/pat.v41i4.11876).

2. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

E-mail: brunarafamenezes@hotmail.com.

3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil. E-mails: beja@ufrj.br, higinomlopes@gmail.com, balleste@ufrj.br.

clara; e *rc* (historicamente, *Rc+*), que é alelo nulo. Embora *Rc* seja citado como um alelo mutante, devido ao seu fenótipo diferente das cultivares comerciais de arroz, a ação deste loco é de dominância sobre o pericarpo branco (*rc*). Isto sugere que o alelo das cultivares modernas, de pericarpo branco, poderia ser o mutante não funcional da versão selvagem (pericarpo vermelho) do alelo presente no ancestral *O. rufipogon*. Ambos os locos foram identificados no mapa morfológico do arroz, utilizando-se análises de dois pontos: *Rc*, no cromossomo 7, e *Rd*, no cromossomo 1 (Sweeney et al. 2006).

O arroz vermelho possui necessidades fisiológicas por água, luz e nutrientes muito próximas às das cultivares de arroz branco. No campo, sofre processo de debulha, ou degranação natural, que acarreta a germinação de suas sementes, por ocasião da semeadura do arroz branco. Apresenta, também, maior rusticidade que as cultivares de arroz branco, resistindo melhor às condições adversas do meio ambiente. Por isto, lotes de arroz branco podem ficar contaminados com arroz vermelho, o que deprecia muito a qualidade comercial dos lotes. Isto ocorre porque a lema e a pálea, no arroz vermelho, estão mais aderidas ao grão, ocasionando elevadas percentagens de quebra de grãos, durante o seu beneficiamento. Assim, o arroz vermelho é considerado a principal planta invasora das lavouras de arroz branco (Leitão Filho et al. 1972).

Apesar de ser considerada planta invasora, o arroz vermelho é um dos principais componentes da dieta das populações que habitam grande parte do semiárido nordestino brasileiro, sendo cultivada, principalmente, como lavoura de subsistência. A sua proibição, no Brasil, data do Século XVIII e, atualmente, pelas normas de produção de sementes, os campos de sementes básicas, bem como os lotes neles produzidos, devem estar isentos de arroz vermelho (Brasil 2005). Apesar da pressão seletiva para sua eliminação, sobretudo no Rio Grande do Sul, seu cultivo persistiu em vários locais, como variedades crioulas, principalmente no nordeste do País, tendo resultado em processos de adaptação que levaram a grande diversidade genética (Pereira 2004).

Além disto, ultimamente, tem-se verificado demanda crescente por este tipo de produto, em restaurantes de grandes centros consumidores do País, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília (Boêno et al. 2009). O preço do arroz vermelho chega a alcançar quatro vezes o valor do arroz branco, o que tem

motivado alguns produtores a buscar tecnologias mais avançadas para o seu cultivo. Por isto, a procura por sementes melhoradas, para cultivo de tipos especiais de arroz, como o arroz vermelho, tem aumentado, em certas regiões brasileiras (Fonseca et al. 2007). Apesar disto, o número de trabalhos científicos sobre este material ainda é reduzido.

Os genótipos de arroz vermelho possuem grande variabilidade genética, apresentando, quase sempre, arquitetura tradicional, com baixo potencial genético de produção. Porém, já foram encontradas variedades de arquitetura moderna, com alto potencial genético de produção, tendo resultado, provavelmente, de seu cruzamento com cultivares de arroz branco (Pereira 2004). Segundo Malone et al. (2007), existe a hipótese de que haja fluxo gênico de cultivares normais para o arroz vermelho e forte seleção para a fixação de características que dificultam a sua identificação no campo, tornando-o, morfológicamente, mais semelhante às cultivares de arroz branco.

A produtividade de uma cultivar não depende somente de seu potencial, mas, também, das condições oferecidas para o seu desenvolvimento. A maior área cultivada com arroz, no Brasil, corresponde ao cultivo de terras altas, também conhecido como sistema em sequeiro, o qual, entretanto, resulta em baixa produtividade, quando comparado ao sistema de cultivo irrigado. Esta baixa produtividade pode ser atribuída à deficiência hídrica, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, estando, provavelmente, relacionada ao número de panículas por m² e à fertilidade das espiguetas (Crusciol et al. 2001). Os genótipos de arroz vermelho têm alta capacidade de emitir perfilhos, principalmente em ambientes sujeitos ao déficit hídrico (Pereira 2004). Porém, o perfilhamento excessivo pode, também, aumentar o número de perfilhos inviáveis, de modo que se admitem, como ideal, para a planta de arroz, entre dois e seis perfilhos (França et al. 2008).

Neste contexto, o presente estudo objetivou comparar características morfoagronômicas de genótipos de arroz vermelho e de cultivares de arroz branco recomendadas para o cultivo em terras altas (sequeiro), com o intuito de fornecer subsídios para o melhoramento genético do primeiro grupo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2009 a março de 2010, em área experimental do

Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), município de Seropédica, RJ (22°45'S, 43°41'W e 35-40 m de altitude). O solo foi classificado como Planossolo áplico distrófico e de textura arenosa (Embrapa 2006). Antes da instalação do experimento, foi realizada aração, gradagem e coleta de amostras de solo, para realização de análises químicas, cujos resultados foram os seguintes: pH (em água) = 6,2; P = 121 mg dm⁻³; K = 38 mg dm⁻³; Ca = 1,5 mmol_c dm⁻³; Mg = 1,3 mmol_c dm⁻³; e Al = 0,0 mmol_c dm⁻³. Durante o período, a temperatura média foi de 27,75°C, com máxima de 32,67°C e mínima de 22,82°C; precipitação pluvial de 1.251 mm; 74,83% de umidade relativa média; e 2.419 MJ m⁻² de radiação solar.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos constaram das cultivares de arroz branco BRS Primavera e Caiapó e dos genótipos Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno. Vermelho Virgínia é uma variedade local, coletada junto a pequenos agricultores do Estado de Minas Gerais, e Vermelho Pequeno é uma linhagem selecionada em campo experimental da UFRRJ, a partir de planta com grãos vermelhos, encontrada em plantio comercial. As parcelas foram constituídas de oito fileiras de plantas, com 4,0 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre fileiras. A área útil da parcela constou das quatro fileiras centrais, excluindo-se 1,0 m das extremidades destas, correspondendo a 4,0 m².

A semeadura, em linha, foi realizada após a abertura dos sulcos e marcação dos blocos e parcelas. A densidade de semeadura foi de setenta sementes por metro de sulco, ajustada de acordo com o resultado obtido no teste de germinação. As adubações foram feitas na forma parcelada, com uma adubação no plantio, uma aos trinta dias após a semeadura e outra no início da fase de “emborrachamento” do arroz. No plantio, foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, e 30 kg ha⁻¹ de potássio, na forma de cloreto de potássio. Esta mesma adubação foi repetida nos outros dois parcelamentos, totalizando 90 kg ha⁻¹ de cada elemento.

Foram avaliados vinte e quatro caracteres morfoagronômicos. Um primeiro grupo foi constituído por descritores morfológicos recomendados para a espécie *O. sativa* (Brasil 1997):

Cor da folha: observação feita na folha bandeira, no início do surgimento das panículas, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, de acordo com

a escala verde claro, verde, verde escuro, púrpura na ponta, púrpura na margem, púrpura, e púrpura na bainha;

Ângulo da folha bandeira: resultante da medição do ângulo formado pela folha bandeira e o colmo, na época da floração, também em dez plantas ao acaso de cada parcela e empregando-se a seguinte escala: ereto, menor que 30°; intermediário, entre 31° e 60°; horizontal, entre 61° e 90°; e descendente, maior que 90°;

Cor da aurícula: observação feita na penúltima folha da planta (primeira folha abaixo da folha bandeira), entre as fases de “emborrachamento” e antese, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, e classificada em verde claro e púrpura;

Cor da lígula: determinada da mesma forma que a cor da aurícula e classificada com variação de incolor a verde e púrpura;

Pubescência do limbo: determinação realizada por leve contato digital, no sentido da extremidade até a base da folha, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, efetuada entre o “emborrachamento” e a emissão da panícula, e classificada de acordo com a seguinte escala: ausente (glabra), escassa, média e forte;

Cor do ápulo: determinada a partir de amostra casual de cinco panículas maduras, em cinco plantas de cada parcela, das quais foram analisadas cinco espiguetas da porção central da panícula, sendo a cor do ápulo (extensão da ponta da lema ou da pálea) determinada de acordo com a seguinte escala: branca, verde, amarela, marrom, vermelha, púrpura e preta;

Porte da planta: determinado a partir de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela, medindo-se a altura, desde a superfície do solo até a extremidade da panícula mais alta;

Comprimento do colmo: distância média, em centímetros, do solo até a base da panícula (nó ciliar), medida nos mesmos perfis utilizados para avaliar a altura da planta, sendo a classificação feita de acordo com a seguinte escala: curto (menor que 65 cm), médio (maior que 65 cm e menor que 85 cm) e longo (maior que 85 cm);

Comprimento da panícula: distância, em centímetros, da base da panícula à ponta da última espiguetas, determinada na época da colheita, nas mesmas panículas usadas para medir o porte das plantas e o comprimento do colmo, utilizando-se a seguinte escala: curta (menor que 22 cm), média (de 22,1 cm a 25 cm) e longa (maior que 25,1 cm);

Degranação: avaliação feita por ocasião da colheita, considerando-se a quantidade de grãos de-bulhados, após leve pressão com as mãos, de cinco panículas de cinco plantas de cada parcela, tomadas ao acaso, sendo a classificação feita de acordo com a escala que se segue: fácil (mais de 50% dos grãos degranados), intermediária (de 25% a 50% dos grãos degranados) e difícil (menos de 25% dos grãos degranados);

Cor das glumelas: determinada em amostra de cinco espiguetas, provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso de cada parcela, de acordo com a seguinte escala: amarelo-palha e dourada;

Presença de aristas: avaliada pela presença ou ausência de aristas (segmento filamentoso que ocorre no ápice da espiguetas), em amostra casual de cinco panículas de cinco plantas de cada parcela, das quais se observaram cinco espiguetas da porção central da panícula;

Comprimento do grão: determinado em amostra de cinco grãos descascados, provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso de cada parcela, de acordo com a seguinte escala: curto (menor que 5 mm), médio (maior que 5 mm e menor que 6 mm) e longo (maior que 6 mm);

Espessura ou largura do grão: também expressa em milímetros, foi avaliada conjuntamente ao comprimento do grão (descascado), com auxílio de paquímetro;

Forma do grão: determinada pela relação entre comprimento e largura (C/L) dos grãos descascados, sem polimento, considerando-se a escala que se segue: arredondada (C/L menor que 1,50), semiarredondada (C/L entre 1,51 e 2,00), meio-alongada (C/L entre 2,01 e 2,75) e alongada (C/L entre 2,76 e 3,50).

Outro grupo de caracteres morfoagronômicos reuniu componentes da produção de grãos e de biomassa:

Panículas viáveis por m²: determinadas a partir da contagem do número de panículas viáveis (com pelo menos uma espiguetas cheia) das plantas existentes em 1,0 m²;

Espiguetas por panícula: determinadas a partir de dez plantas tomadas ao acaso, entre aquelas usadas para determinar a variável anterior, sendo que, de cada uma delas, tomou-se uma panícula representativa, na qual foi efetuada a contagem de espiguetas (férteis e estéreis), cujos valores foram,

posteriormente, utilizados para a obtenção da média de espiguetas por panícula;

Porcentagem de espiguetas férteis por panícula: determinada em conjunto com o número médio de espiguetas por panícula, considerando-se as espiguetas com grãos;

Massa de mil espiguetas: avaliada utilizando-se oito amostras de cem espiguetas tomadas ao acaso de cada parcela, sendo o teor de água das espiguetas ajustado para 13%;

Índice de colheita: obtido da relação entre a massa da matéria seca de grãos e matéria seca total, medidas em dez perfilhos viáveis, de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela;

Massa seca da planta: obtida pela matéria seca total, medida em dez perfilhos viáveis de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela;

Dias até a floração: número de dias ocorridos da emergência média das plântulas até o florescimento de 50% das panículas, em cada parcela;

Dias até a colheita: número de dias transcorridos da semeadura ao ponto de colheita (quando 80% das panículas de cada parcela apresentavam dois terços das espiguetas maduras);

Produtividade de grãos: expressa em kg ha⁻¹, foi obtida pela produção de grãos em 4,0 m² de área útil da parcela, após ajuste para 13% de teor de água.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos (genótipos), para os caracteres quantitativos, foram comparadas entre si, pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5% (Zimmermann 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ângulo da folha bandeira foi classificado como ereto em todos os genótipos, apesar de ter sido significativamente inferior no genótipo Vermelho Pequeno e superior na cultivar Caiapó (Tabelas 1 e 2). Os genótipos de arroz vermelho também não diferiram das cultivares de arroz branco recomendadas para condições de sequeiro, quanto à cor da lígula (incolor a verde), da aurícula (verde-clara) e das glumelas (amarelo-palha). Além disto, a degranção intermediária e os comprimentos da panícula e do colmo (longos) também não diferiram entre os genótipos (Tabela 1).

A degranção é determinante para o estabelecimento do arroz vermelho como planta invasora, pois, para que sobreviva e infeste o campo, no

Tabela 1. Caracterização morfológica da floração e do ciclo cultural de genótipos de arroz vermelho (Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia) e das cultivares de arroz de sequeiro BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

| Caráter ¹ | Vermelho Pequeno | Vermelho Virgínia | BRS Primavera | Caiapó |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| CF | verde-clara | verde-clara | verde | verde |
| PL | média | forte | ausente | ausente |
| CL | incolor a verde | incolor a verde | incolor a verde | incolor a verde |
| CA | verde-clara | verde-clara | verde-clara | verde-clara |
| AFB | ereto | ereto | ereto | ereto |
| CP | longo | longo | longo | longo |
| CC | longo | longo | longo | longo |
| Dg | intermediária | intermediária | intermediária | intermediária |
| CG | amarelo-palha | amarelo-palha | amarelo-palha | amarelo-palha |
| CAP | amarelo | amarelo | marrom | marrom |
| C | médio | longo | longo | longo |
| FGD | alongada | meio-alongada | alongada | alongada |
| PA | ausente | 10% ² | ausente | ausente |
| DFI | 66 | 77 | 62 | 72 |
| DCI | 98 | 108 | 93 | 101 |

¹ CF: cor da folha; PL: pubescência do limbo; CL: cor da lígula; CA: cor da aurícula; AFB: ângulo da folha bandeira; CP: comprimento da panícula; CC: comprimento do colmo; Dg: degranação; CG: cor das glumelas; CAP: cor do apículo na maturação; C: comprimento do grão descascado; FGD: forma do grão descascado; PA: presença de arista; DFI: dias até a floração; DCI: dias até a colheita. ² Percentagem de espiguetas com aristas.

Tabela 2. Ângulo da folha bandeira (AFB), comprimento (C) e espessura ou largura (L) do grão descascado e relação C/L, em genótipos de arroz vermelho (Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia) e nas cultivares de arroz de sequeiro BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

| Genótipo/Cultivar | AFB | C | L | C/L |
|--------------------------|----------------------|--------|--------|--------|
| | graus | mm | mm | |
| Vermelho Pequeno | 10,18 c ¹ | 5,80 c | 2,00 b | 2,90 b |
| Vermelho Virgínia | 10,92 b | 6,14 b | 2,66 a | 2,33 c |
| BRS Primavera | 11,18 b | 6,87 a | 2,00 b | 3,44 a |
| Caiapó | 13,10 a | 6,91 a | 2,00 b | 3,46 a |
| Média geral | 11,35 | 6,43 | 2,16 | 3,03 |
| C.V. (%) | 4,57 | 1,56 | 2,47 | 2,03 |
| QM _{tratamento} | 7,74 | 1,50 | 0,54 | 1,43 |
| QM _{erro} | 0,27 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| F _{tratamento} | 28,74 | 149,47 | 191,05 | 377,36 |
| Probabilidade (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

plântio seguinte, é necessário que os grãos caiam e sobrevivam até a próxima época de plantio. Para isto, irá contribuir a dormência das sementes. Portanto, pode-se inferir que os genótipos Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno não apresentam características de planta invasora. Este fato é corroborado pelos resultados de testes de dormência feitos com estes genótipos, os quais não apresentaram dormência aos sessenta dias após a colheita, resultado semelhante ao de cultivares comerciais de arroz (Menezes 2011).

A cor da folha é fortemente alterada pelo ambiente, como, por exemplo, pelo teor de nitrogênio no solo, sendo a tonalidade modificada, principalmente, nas plantas mais jovens (Fonseca et al. 2002). Na época em que ocorreu a avaliação, os genótipos de arroz vermelho e as cultivares de arroz branco apresentaram tonalidade foliar verde-clara e verde, respectivamente. Ramos et al. (2006), avaliando acessos de arroz vermelho, verificaram resultado semelhante, com todos apresentando cor da folha verde-clara.

Ocorreram diferenças entre os genótipos, quanto à pubescência do limbo foliar. As cultivares de arroz branco não apresentaram pêlos na superfície foliar. Nascimento (1976), avaliando as frequências fenotípicas na geração F_2 do cruzamento de linhagens de arroz, observou que a característica pubescência do limbo é monofatorial e que a característica glabra pode ser condicionada por um gene recessivo. Os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia apresentaram pubescência média e forte, respectivamente. Ramos et al. (2006), estudando acessos de arroz vermelho, verificaram que a maioria deles apresentou pubescência classificada como forte, conforme observado para Vermelho Virgínia, neste estudo. Os autores relataram outros acessos com pubescência forte e média.

Houve diferenças entre os tratamentos, em relação à cor do apículo, tendo as cultivares BRS Primavera e Caiapó apresentando coloração marrom e os genótipos de arroz vermelho coloração amarela (Tabela 1). Segundo Bonow et al. (2007), a cor do apículo é um caráter muito útil na diferenciação de cultivares, pois trata-se de característica qualitativa pouco influenciada pelo ambiente. Estes autores também avaliaram tal característica nas cultivares BRS Primavera e Caiapó e encontraram o mesmo resultado.

O genótipo Vermelho Pequeno e as cultivares BRS Primavera e Caiapó não apresentaram arista, enquanto Vermelho Virgínia apresentou cerca de 10% de espiguetas com aristas (Tabela 1). De acordo com Nascimento (1976), o caráter presença ou ausência de arista pode ser determinado por dois locos gênicos com ação complementar. A ausência do alelo, em qualquer dos locos, confere o caráter ausência de arista.

O menor e o maior ciclo, em número de dias até a colheita, foram observados, respectivamente, na cultivar BRS Primavera (93 dias) e no genótipo Vermelho Virgínia (108 dias). Esta característica é inerente à cultivar, mas pode, também, ser influenciada pelo ambiente. Crusciol et al. (2003) observaram que o ciclo da cultura, em cultivo de sequeiro, pode ser influenciado pela disponibilidade hídrica, ou seja, sob estresse hídrico, aumenta-se o número de dias para as plantas atingirem 50% de florescimento e completarem o ciclo. Crusciol et al. (2003) observaram que o número de dias para as plantas atingirem 50% de florescimento e completarem o ciclo, em cultivo de sequeiro, aumenta sob baixa disponibi-

lidade hídrica. Contudo, nas condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido, os genótipos de arroz vermelho e as cultivares de arroz branco apresentaram ciclo precoce.

Observou-se que as cultivares de arroz branco apresentaram comprimento de grão significativamente superior ($p < 0,05$) ao dos genótipos de arroz vermelho (Tabela 2). Houve, também, diferenças significativas entre os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia, que apresentaram comprimentos de 5,80 mm e 6,14 mm, respectivamente. Os genótipos de arroz vermelho estudados por Fonseca et al. (2007) apresentaram grande variabilidade (entre 4,22 mm e 6,87 mm, ou seja, desde grãos curtos até longos), para esta característica, indicando que há variabilidade para melhorar este caráter.

No presente trabalho, o genótipo Vermelho Pequeno poderia ser classificado, segundo os critérios do Ministério da Agricultura (Brasil 1997), como grão de comprimento médio, enquanto Vermelho Virgínia e as cultivares de arroz branco seriam considerados grãos longos (Tabela 1). Aluko et al. (2004), estudando linhagens obtidas do cruzamento entre as cultivares Caiapó (*Oryza sativa* L.) e IRGC 103544 (*Oryza glaberrima*), destacaram que a característica comprimento de grão provavelmente seja de herança quantitativa, com segregação transgressiva, no sentido do genitor de maior comprimento.

Quanto ao comprimento x largura (C/L) do grão, ambos os genótipos de arroz vermelho apresentaram relações significativamente inferiores ($p < 0,05$) às das cultivares BRS Primavera e Caiapó (Tabela 2). Ainda assim, o genótipo Vermelho Pequeno mostrou relação C/L superior a 2,76, o que permite classificá-lo como grão alongado (Brasil 1997). De acordo com os mesmos critérios de classificação, as cultivares BRS Primavera e Caiapó também apresentaram forma de grão alongada (Tabela 1). Bonow et al. (2007), estudando as mesmas cultivares de arroz branco, observaram forma muito-alongada (C/L superior a 3,50 - classe não incluída no Decreto n. 2.366, Brasil 1997), nos grãos de BRS Primavera, e meio-alongada, naqueles da cultivar Caiapó, diferindo do resultado encontrado na presente pesquisa, em que ambas apresentaram grãos alongados, mesmo sendo a forma da cariopse um caráter pouco influenciado pelo ambiente.

O genótipo Vermelho Virgínia ainda apresentou comprimento de grão significativamente superior ($p < 0,05$) ao do Vermelho Pequeno,

embora com espessura de grão também superior ($p < 0,05$), resultando na forma de grão classificada como meio-alongada. A característica espessura do grão, no genótipo Vermelho Virgínia, é indesejável comercialmente, representando um caráter ainda a ser melhorado. Aluko et al. (2004) observaram que apenas 2% das linhagens obtidas do cruzamento entre a cultivar Caiapó (*O. sativa*) e IRGC 103544 (*O. glaberrima*) mostraram segregação transgressiva, para grãos com maior espessura.

O genótipo Vermelho Virgínia também apresentou porcentagem de degranação significativamente ($p < 0,05$) maior que a do genótipo Vermelho Pequeno e da cultivar Caiapó (Tabela 3). Apesar disto, todos os tratamentos mostraram degranação intermediária, segundo os critérios do Ministério da Agricultura (Brasil 1997). Esta característica pode ser influenciada pela época de colheita, já que plantas que permanecem no campo por mais tempo tendem a apresentar maiores perdas, em decorrência, por exemplo, da maior intensidade de brusone no pedúnculo e nas ramificações (Fonseca et al. 2002).

Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os genótipos de arroz vermelho e a cultivar Caiapó, quanto ao comprimento de panícula, sendo que estas superaram a da cultivar BRS Primavera (Tabela 3). Streck et al. (2008) encontraram resultado semelhante, quando dois genótipos de arroz vermelho e a cultivar EEA 406 apresentaram maior comprimento de panícula que as demais cultivares de arroz branco avaliadas. Pereira et al. (2006), ana-

lisando acessos de arroz vermelho, não constataram grande variabilidade neste caráter, observando que a panícula mais curta apresentou 22,68 cm e a mais longa 28,95 cm. Estes valores extrapolaram os limites observados no presente estudo, em que ambos os genótipos de arroz vermelho apresentaram comprimento de panícula de, aproximadamente, 27 cm. Segundo Fonseca et al. (2002), características quantitativas como comprimento do colmo e de panícula podem sofrer influência da fertilidade do solo e da densidade de plantio.

A cultivar BRS Primavera apresentou os menores comprimentos de panícula e de colmo, e, conseqüentemente, seu porte de planta também foi inferior ($p < 0,05$) ao dos demais tratamentos (Tabela 3). Pereira et al. (2009), contrastando cultivares de arroz branco com variedades de arroz vermelho, observaram que a menor altura encontrada para estas foi de 124 cm. Este valor é muito próximo à altura média encontrada em plantas do genótipo Vermelho Pequeno (125,95 cm), que não diferiu da altura encontrada na cultivar Caiapó. Por outro lado, Vermelho Virgínia apresentou porte de planta (160,74 cm) significativamente superior ao dos demais tratamentos. Este porte elevado é semelhante ao de variedades tradicionais de arroz vermelho, sendo uma característica a ser trabalhada em programas de melhoramento, visando à sua redução, haja vista sua associação com maior índice de acamamento. Apesar de não se ter avaliado acamamento nesta pesquisa, isto foi observado em todos os tratamentos, principalmente em parcelas de Vermelho Virgínia.

Tabela 3. Degranação da panícula (Dg), comprimento da panícula (CP), comprimento do colmo (CC) e porte da planta (PP), em genótipos de arroz vermelho (Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia) e nas cultivares de arroz de sequeiro BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

| Genótipo/Cultivar | Dg | CP | CC | PP |
|--------------------------|----------------------|---------|----------|----------|
| | % | | cm | |
| Vermelho Pequeno | 25,07 b ¹ | 27,32 a | 98,63 b | 125,95 b |
| Vermelho Virgínia | 32,59 a | 27,18 a | 133,56 a | 160,74 a |
| BRS Primavera | 29,44 ab | 25,72 b | 91,82 c | 117,54 c |
| Caiapó | 25,04 b | 27,44 a | 101,34 b | 128,78 b |
| Média geral | 28,03 | 26,92 | 106,34 | 133,25 |
| C.V. (%) | 13,62 | 2,61 | 2,89 | 2,60 |
| QM _{tratamento} | 67,59 | 3,23 | 1.727,00 | 1.792,96 |
| QM _{erro} | 14,58 | 0,49 | 9,47 | 11,98 |
| F _{tratamento} | 4,64 | 6,54 | 182,40 | 149,60 |
| Probabilidade (%) | 2,24 | 0,72 | 0,00 | 0,00 |

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

Serafim (2003), avaliando a geração F_2 do cruzamento entre as cultivares de arroz branco IRGA 417 e Quilla66304, observou que a estatura da planta apresenta distribuição contínua, segregação transgressiva no sentido do genitor mais baixo e alta herdabilidade no sentido amplo. Contudo, o porte da planta é uma característica altamente influenciada pelo ambiente, bem como pela dose de nitrogênio aplicada (Fonseca et al. 2002). Em cruzamento das cultivares IR-8 e Sagrimão, Sundin et al. (2002) obtiveram estimativa de 0,28, para a herdabilidade sentido restrito do caráter altura da planta. Assim, pode-se inferir que a seleção para diminuir o porte da planta, embora difícil, é possível. Além disto, os autores estimaram correlação genética de -0,63 entre este caráter e o número de perfilhos, o que é um resultado favorável ao melhoramento, pois o desejável é obter uma planta com baixa estatura e grande número de perfilhos.

A cultivar BRS Primavera apresentou menor número de panículas viáveis por m^2 ($p < 0,05$) do que os genótipos de arroz vermelho (Tabela 4). Esta característica é bastante influenciada pelas condições de ambiente. Os genótipos de arroz vermelho apresentaram maior produção de panículas viáveis por m^2 , embora com menor produção de espiguetas por panícula, em comparação às cultivares de arroz branco, caráter, este, mais fortemente determinado pelo genótipo da cultivar. Apesar disto, não houve diferenças ($p > 0,05$) na percentagem de espiguetas férteis por panícula, entre os quatro tratamentos.

Considerando-se a produtividade de grãos, não se observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os genótipos e cultivares avaliados (Tabela 5). O resultado corrobora Segatto et al. (2007), que, também, verificaram que variedades de arroz vermelho não apresentaram diferenças significativas, quanto à produtividade de grãos, em relação a cultivares de arroz branco, sob condições de cultivo em sequeiro. Vale destacar que foram observadas diferenças não significativas superiores a 1.500 kg ha^{-1} , o que revela problema relacionado à precisão do experimento, na avaliação deste caráter.

O genótipo Vermelho Virgínia apresentou massa de mil espiguetas significativamente maior ($p < 0,05$) que o dos outros tratamentos (Tabela 4). Não houve diferenças entre a massa de mil espiguetas das duas cultivares, e o genótipo Vermelho Pequeno apresentou espiguetas de menor massa média. Crusciol et al. (2001) não observaram correlação entre massa de espiguetas e produtividade de grãos, sugerindo que esta, provavelmente, esteja mais relacionada aos componentes número de panículas por m^2 e fertilidade das espiguetas. A importância da massa de mil espiguetas, entretanto, não deve ser descartada, neste experimento, pois, comparando-se o genótipo Vermelho Pequeno com a cultivar BRS Primavera, observa-se que o primeiro apresentou valor significativamente superior, em número de panículas viáveis, porém, sem diferença significativa na produtividade de grãos, o que pode ser explicado pela menor massa das espiguetas daquele genótipo.

Tabela 4. Número de panículas viáveis por m^2 (PV), número de espiguetas por panícula (NEP), percentagem de espiguetas férteis por panícula (EFP) e massa de mil espiguetas (MME), em genótipos de arroz vermelho (Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia) e nas cultivares de arroz de sequeiro BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

| Genótipo/Cultivar | PV | NEP | EFP | MME ¹ |
|--------------------------|-----------------------|----------|---------|------------------|
| | | | % | g |
| Vermelho Pequeno | 241,00 a ¹ | 98,06 c | 82,60 a | 22,79 c |
| Vermelho Virgínia | 240,20 a | 126,14 b | 75,94 a | 34,05 a |
| BRS Primavera | 175,00 b | 167,18 a | 79,87 a | 29,87 b |
| Caiapó | 188,20 ab | 166,22 a | 82,24 a | 31,10 b |
| Média geral | 211,10 | 139,40 | 80,16 | 29,45 |
| C.V. (%) | 15,78 | 12,03 | 5,69 | 4,81 |
| QM _{tratamento} | 5.947,40 | 5.626,44 | 46,96 | 114,10 |
| QM _{erro} | 1.110,07 | 281,15 | 20,82 | 2,01 |
| F _{tratamento} | 5,36 | 20,01 | 2,26 | 56,90 |
| Probabilidade (%) | 1,42 | 0,00 | 13,43 | 0,00 |

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

Tabela 5. Massa seca da planta (MSP), índice de colheita (IC) e produtividade de grãos (PRG), em genótipos de arroz vermelho (Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia) e nas cultivares de arroz de sequeiro BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

| Genótipo/Cultivar | MSP | IC | PRG |
|--------------------------|--------------------------|--------|---------------------|
| | g perfilho ⁻¹ | | kg ha ⁻¹ |
| Vermelho Pequeno | 4,50 b ¹ | 0,37 b | 3.658,00 a |
| Vermelho Virgínia | 7,77 a | 0,38 b | 5.072,00 a |
| BRS Primavera | 7,35 a | 0,47 a | 3.452,50 a |
| Caiapó | 7,53 a | 0,48 a | 4.611,00 a |
| Média geral | 6,79 | 0,42 | 4.198,38 |
| C.V. (%) | 13,46 | 8,42 | 20,56 |
| QM _{tratamento} | 11,77 | 0,02 | 2.969.691,15 |
| QM _{erro} | 0,84 | 0,00 | 745.053,39 |
| F _{tratamento} | 14,10 | 12,39 | 3,99 |
| Probabilidade (%) | 0,03 | 0,05 | 3,49 |

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

É importante destacar que as cultivares de arroz branco apresentaram maior eficiência no transporte de carboidratos e na capacidade de acúmulo de reservas nas espiguetas, pois seus índices de colheita foram significativamente superiores ($p < 0,05$) aos dos genótipos de arroz vermelho (Tabela 5). Além disto, o genótipo Vermelho Pequeno apresentou massa seca da planta significativamente inferior à dos demais tratamentos. Isto pode ser explicado pelo fato de este genótipo apresentar menor número de espiguetas por panícula e menor massa de espiguetas (Tabela 4), o que determinou seu menor índice de colheita, em relação às cultivares de arroz branco. A translocação de carboidratos da fonte para o dreno depende do tamanho e da atividade deste dreno (Taiz & Zeiger 2004). Logo, no caso deste genótipo, o número de espiguetas por panícula e o tamanho das espiguetas representam características limitantes, a serem melhoradas.

CONCLUSÕES

1. O genótipo Vermelho Pequeno apresenta porte semelhante ao da cultivar Caiapó, produtividade de panículas viáveis superior à da cultivar BRS Primavera e produtividade de grãos semelhante à das duas cultivares de arroz de terras altas (sequeiro). Portanto, tem potencial para cultivo em condições de sequeiro.

2. O genótipo Vermelho Virgínia apresenta produtividade de panículas viáveis superior à da cultivar BRS Primavera, além de massa de espiguetas superior e produtividade de grãos semelhante à dos demais genótipos avaliados. Logo, possui potencial para ser cultivado em condições de sequeiro, embora apresente porte elevado e grão espesso, com forma apenas meio-alongada.

REFERÊNCIAS

- ALUKO, G. et al. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* × *O. glaberrima*. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, v. 109, n. 3, p. 1084-1090, 2004.
- BOÊNÔ, J. A. et al. Composição nutricional de grão de arroz-vermelho. In: ENCONTRO CENTRO-OESTE DE DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2009, Itumbiara. *Anais eletrônicos...* Itumbiara: ILES/ULBRA, 2009. Disponível em: <<http://web.ulbra.itumbiara.com.br/ecodeq>>. Acesso em: 21 jun. 2010.
- BONOW, S. et al. Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando à certificação da pureza varietal. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, 2007.
- BRASIL. Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997. Regulamenta a lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a proteção de cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 216, p. 25333-25354, 7 nov. 1997.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. Estabelece normas específicas e padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes de arroz. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 dez. 2005. Seção 1, p. 18.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 23, n. 2, p. 287-293, 2001.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. *Agronomia*, Seropédica, v. 37, n. 1, p. 10-15, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FONSECA, J. R.; CUTRIM, V. A.; RANGEL, P. H. N. *Descritores morfoagronômicos e fenológicos de cultivares*

- comerciais de arroz de várzeas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. (Documentos, 141).
- FONSECA, J. R. et al. *Descrição morfológica, agrônômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (Oryza sativa L.)*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. (Documentos, 210).
- FRANÇA, M. G. C. et al. Relações entre crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com arquiteturas contrastantes. *Acta Botanica Brasílica*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 43-49, 2008.
- HAN, L. et al. Genetic analysis and histological study of red seed in rice. *Acta Genetica Sinica*, Pequim, v. 33, n. 6, p. 559-564, 2006.
- LEITÃO FILHO, H. F. et al. Estudos de competição entre o arroz vermelho e o arroz cultivado. *Bragantia*, Campinas, v. 31, n. 1, p. 249- 258, 1972.
- MALONE, G. et al. Caracterização bioquímica e molecular de acessos de arroz vermelho coletados no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 77-85, 2007.
- MENEZES, B. R. S. *Caracterização morfoagronômica e qualidade de sementes em arroz vermelho e branco*. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)—Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- NASCIMENTO, L. S. *Contribuição ao estudo do mecanismo genético de caracteres qualitativo em arroz (Oryza sativa L.)*. 1976. 107 f. Dissertação (livre-docência)—Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1976.
- PEREIRA, J. A. *O arroz-vermelho cultivado no Brasil*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004.
- PEREIRA, J. A.; RAMOS, S. R. R.; SOBRAL, P. V. C. *Caracterização morfoagronômica de variedades tradicionais de arroz vermelho cultivado*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documentos, 77-2).
- PEREIRA, J. A. et al. Comparação entre características agrônômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. *Caatinga*, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 243-248, 2009.
- RAMOS, S. R. R.; PEREIRA, J. A.; SOBRAL, P. V. C. *Análise descritiva de variedades tradicionais de arroz-vermelho coletadas no Estado da Paraíba*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documentos, 77-3).
- SEGATTO, E. et al. Caracterização morfoagronômica de variedades crioulas de arroz vermelho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1038-1041, 2007.
- SERAFIM, D. C. S. *Mapeamento de QTLs para tolerância ao frio e características de importância agrônômica em arroz*. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)—Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- STRECK, N. A. et al. Comparação de parâmetros de crescimento e de desenvolvimento de dois biótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz irrigado. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 349-360, 2008.
- SUNDIN, M. F. C. A. et al. Herdabilidade e correlação genética para altura das planta e número de perfilhos em dois níveis de nitrogênio em arroz (*Oryza sativa L.*). *Revista Universidade Rural*, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 25-32, 2002.
- SWEENEY, M. T. et al. Caught red handed: Rc encodes a basic helix-loop-helix protein conditioning red pericarp in rice. *The Plant Cell*, Rockville, v. 18, n. 2, p. 283-294, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.