

Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com Qualidade Proteica Melhorada (QPM)



Variedade QPM

BAG Milho

BRS 473

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 260

**Diversidade genética entre acessos do
Banco Ativo de Germoplasma de Milho com
Qualidade Proteica Melhorada (QPM)**

Flávia França Teixeira
Leonardo Nonato de Jesus
Fábio Correa Bueno
Afonso Henrique de Oliveira Júnior

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria
Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Flávia França Teixeira

1ª edição
Publicação digital (2021)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho
com Qualidade Proteica Melhorada (QPM) / Flávia França Teixeira ... [et
al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2021.
34 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 260).

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Genética vegetal. 3. Zea mays. 4.
Variedade. I. Teixeira, Flávia França. II. Jesus, Leonardo Nonato de. III. Bueno,
Fábio Correa. IV. Oliveira Júnior, Afonso Henrique de. V. Série.

Autores

Flávia França Teixeira

Eng.Agro, Doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Leonardo Nonato de Jesus

Graduando em Eng. Agrônoma na Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG.

Fábio Correa Bueno

Graduando em Eng. Agrônoma na Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG.

Afonso Henrique de Oliveira Júnior

Graduando em Eng. Agrônoma na Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG.

Apresentação

O Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho) preserva cerca de 4.000 acessos, dos quais 39 são classificados como milhos com Qualidade Proteica Melhorada (QPM). As variedades QPM se diferenciam das demais por apresentarem maiores proporções dos aminoácidos essenciais lisina e triptofano em comparação às demais variedades de milho. Esses teores elevados são ainda mais relevantes pelo fato de o milho, assim como outros cereais, apresentar em geral baixos teores de lisina e triptofano. Os acessos do BAG Milho do tipo QPM são, em geral, originários de introduções no Brasil e/ou melhorados.

No presente trabalho são apresentados os acessos do BAG Milho classificados como QPM, seus dados de passaporte e de caracterização e, com base nesses dados, é avaliada a diversidade genética entre esses acessos do BAG. Desta forma, é agregado valor aos recursos genéticos e ampliada a sua possibilidade de uso no melhoramento.

A Embrapa Milho e Sorgo já desenvolveu as cultivares inovadoras BR 473, BR 451 e BRS Assum Preto com grãos do tipo QPM. Os acessos do BAG Milho, apesar de serem em pequeno número, poderão contribuir como novas fontes de variabilidade para desenvolvimento de cultivares de qualidade proteica melhorada, levando ao desenvolvimento de ativos de alto valor e contribuindo para a segurança alimentar.

Frederico Ozanan Machado Durães
Chefe-geral

Sumário

Introdução	07
Material e Métodos	08
Resultados e Discussão	09
Considerações Finais	31
Referências	32

Introdução

O Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho) vem sendo preservado na Embrapa Milho e Sorgo desde os anos 1970 (Paterniani et al., 2000) e possui entre suas atribuições a responsabilidade por manter uma variabilidade genética de populações ou indivíduos em quantidades suficientes para uma possível reprodução e propagação. Atualmente, possui um acervo com 4.080 acessos (Alelo, 2013) entre sementes de milho originárias do Brasil, introduzidas de outros países, por meio do intercâmbio com parceiros, e derivadas do melhoramento. Destes acessos, apenas 39 possuem grãos que foram classificados por meio da caracterização morfológica como sendo do tipo opaco ou/e são denominados milhos com Qualidade Proteica Melhorada, tradução de *Quality Protein Maize* (QPM). Dado o baixo número de representantes de algumas populações, o melhoramento genético é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de novas variedades, o que proporciona o aumento da base genética nos quesitos qualidade proteica e parâmetros agrônômicos gerais (Nass; Paterniani, 2000; Santos-Donado, 2016). Nessa premissa, é importante que o BAG Milho realize um trabalho de pré-melhoramento desenvolvendo novas populações com potencial uso agrônômico.

O milho é um dos principais cereais cultivados no planeta, é também a principal fonte proteica em diversas regiões ao redor do globo (Castro et al., 2009). Ele possui sua utilização tanto na alimentação humana quanto animal, podendo ser usado de diversas maneiras. Entretanto, tratando-se de aminoácidos essenciais, o milho tem um desempenho abaixo do arroz e do trigo, principalmente nos aminoácidos lisina e triptofano (Oliveira et al., 2004; Castro et al., 2009). Seres humanos e animais monogástricos não conseguem sintetizar alguns aminoácidos essenciais, dentre estes temos a lisina e o triptofano, sendo sua única via de obtenção a ingestão externa através de alimentos (Silva et al., 2007). Estes aminoácidos ganham destaque por serem importantes no combate à desnutrição, principalmente em países subdesenvolvidos (Glória et al., 2004), e estão associados também ao ganho de peso e à conversão alimentar em aves e suínos (Silva et al., 2007).

Na fração proteica do endosperma do milho comum, há uma proporção de 3% de albumina, 3% de globulina, 60% de zeína, e 34% de glutamina. A alta porcentagem de zeína impacta diretamente na quantidade de lisina e triptofano, fazendo com que estes últimos tenham uma porcentagem ínfima (Vasal, 2000).

As cultivares de milho QPM foram desenvolvidas de forma pioneira pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), no México, a partir de populações portadoras do mutante recessivo do gene *opaco-2* (*o2*) com grãos mais vítreos e de maior densidade e melhor qualidade proteica. Por esse motivo, a maioria dos materiais QPM apresenta grãos com aparência normal e vítrea, e menos opaca (Villegas et al., 1985; National Research Council, 1988). As cultivares QPM são resultado de um extensivo trabalho de melhoramento a fim de introduzir os alelos que conferem o *opaco-2* a uma base genética de alta performance, visando obter cultivares comerciais competitivas com as do milho comum.

É importante mencionar que no início da sua história o milho com gene mutante *opaco-2* não teve grande aceitação do mercado, em razão da sua inferioridade agrônômica apresentada na época (Oliveira et al., 2004; Silva et al., 2007). No entanto, apesar de o programa de melhoramento do CIMMYT ter sido pioneiro, cabe ressaltar que foram pesquisadores da Universidade de Purdue (1964), nos Estados Unidos, que descobriram inicialmente o alelo recessivo *opaco-2* (Rocha et al., 2003), que está localizado no braço curto do cromossomo 7 do milho (Wang et al., 2019). A presença do alelo mutante *opaco-2* em homozigose no milho pode elevar o teor de lisina e triptofano em

até 50% do encontrado no milho comum (Guimarães et al., 2004a). Além do alelo opaco-2, existem outros alelos mutantes que aumentam a qualidade proteica do milho, como o floury-2 (fl2) (Vasal, 2000).

A Embrapa lançou em 1988 a cultivar BR 451, e em 1994, a cultivar BR 473, ambas do tipo QPM e com potencial competitivo com cultivares comerciais. O BR 451 é um milho QPM de grãos brancos, do tipo dentado, com ciclo precoce e bem adaptado aos variados ambientes regionais presentes no Brasil (Guimarães et al., 2004b). Já o BR 473 é um milho QPM de grãos amarelo-alaranjados, do tipo semiduro, com ciclo precoce (Guimarães et al., 2004a). Existem também outras cultivares QPM com potencial agrônomico, como o BRS Assum Preto, de ciclo superprecoce, grãos amarelo-alaranjados e do tipo semiduro, recomendado para regiões do clima semiárido brasileiro (Guerra, 2017).

Visando avaliar a adequada preservação da agrobiodiversidade contida nos exemplares mantidos pelo BAG Milho, baseado nos descritores agrônômicos que podem ser qualitativos ou quantitativos, e na busca por caracteres úteis do ponto de vista comercial, a fim de se ampliar suas utilizações no melhoramento genético, o presente estudo tem como objetivo apresentar os dados de passaporte e de caracterização dos acessos mantidos no BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM, e analisar a diversidade genética contida neste grupo. Por promover a manutenção da diversidade genética de plantas cultivadas, os resultados deste estudo contribuem para o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU ODS 2 – **“Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável”** (Plataforma Agenda 2030, 2021).

Material e Métodos

A seleção dos acessos se deu por meio dos dados de passaporte e caracterização presentes no acervo do BAG Milho, utilizando-se buscas por palavras-chave e classificação do descritor que indicam que o indivíduo é portador do alelo mutante opaco 2. Com base na seleção inicial dos acessos, foram realizadas buscas na plataforma ALELO (<http://alelo.cenargen.embrapa.br/>) para obter os dados completos de passaporte. Os dados de caracterização foram obtidos previamente e seguem os descritores para recursos genéticos de milho, conforme apresentado por Teixeira e Costa (2010) e IBPGR (Descriptors..., 1991).

Os dados de caracterização e de passaporte foram organizados em tabelas divididas pela origem: coletados no Brasil, exóticos e melhorados. Para o presente estudo foram empregados os seguintes dados de caracterização: número de dias para florescimento masculino (FM), número de dias para florescimento feminino (FF), arquitetura de planta (AQ), posição da espiga (PO), número médio de ramificações do pendão (RP), altura média de plantas (AP, cm), altura média de espigas (AE, cm), número médio de folhas acima da espiga (FA), número médio de folhas totais (FT), diâmetro médio do colmo (DC, mm), nota de qualidade de espigas (NQ), tipo de espiga (TP), tipo de arranjo de grãos (AG), cor de grãos (CG), tipo de grãos (TG) comprimento médio de espigas (CE, mm), diâmetro médio de espigas (DE, mm), número médio de fileiras de grãos por espiga (NF), número médio de grãos por fileira (NG), peso médio de espigas (PE, g), peso médio de grãos por espiga (PG, g), diâmetro médio do sabugo (DS, mm) e peso médio de 1.000 sementes (PM, g). Alguns desses caracteres têm distribuição qualitativa; outros, quantitativa. Os caracteres de distribuição quantitativa foram categorizados com o auxílio do Programa GENES (Cruz, 2006), sendo o número de classes definido pela raiz quadrada do número de observações de acordo com a metodologia apresentada

por Cruz et al. (2011). Com base na categorização dos dados de caracterização foram obtidos gráficos de distribuição de frequência para todos os caracteres em estudo.

Os dados de caracterização categorizados foram empregados para a estimativa de dissimilaridade entre os acessos por meio do complemento aritmético do valor estimado para coincidência simples entre dados categorizados, seguindo a metodologia apresentada por Cruz et al. (2011) e com o emprego do Programa GENES (Cruz, 2006). Para a estimativa da dissimilaridade entre acessos e demais etapas, foram considerados apenas os acessos que possuíam dados de caracterização para no mínimo 50% dos descritores empregados no estudo.

As estimativas de dissimilaridade foram empregadas para o agrupamento de acessos pelo método ligação média entre grupo (UPGMA) de acordo com a metodologia apresentada por Cruz et al. (2011) e com o emprego do Programa GENES (Cruz, 2006). Após a obtenção do dendrograma, foi estimada a correlação cofenética entre as distâncias estimadas e as obtidas com o agrupamento. Dada a natureza preliminar dos dados de caracterização, a linha de corte para o estabelecimento de grupos com similaridades no dendrograma foi estabelecida visando agrupar acessos com similaridade genética até 90% da similaridade máxima. De acordo com esses critérios foram estabelecidos grupos dentro de cada conjunto de acessos.

Resultados e Discussão

Nas Tabelas 1, 2 e 3, estão os dados de passaporte dos acessos do BAG milho opaco/QPM separados por sua origem, sendo a Tabela 1 de originárias do Brasil, com apenas três representantes; na Tabela 2, melhorados com 15 representantes; e na Tabela 3, introduzidos, com 21 representantes. Os acessos introduzidos muitas vezes poderiam ser classificados também como melhorados, uma vez que passaram por ambos os processos. Assim, na Tabela 3 devemos destacar que estão contidos todos os materiais introduzidos, sendo estes melhorados ou não. Estes três grupos totalizam 39 acessos do tipo opaco/QPM presentes no BAG Milho. É evidente o maior número de acessos introduzidos, uma vez que o CIMMYT desempenhou um extensivo trabalho de melhoramento a partir da década de 1980, visando aperfeiçoar as qualidades físicas e a aparência do grão, mantendo a alta qualidade proteica, por isso em sua maioria, os materiais deste grupo são originários do México. Dos materiais coletados no Brasil, dois são do estado de São Paulo e um de Roraima. Apesar de ser notória a origem exótica no milho opaco/QPM, possivelmente variedades classificadas nesse grupo já podem ser encontradas sendo cultivadas no Brasil. Entre os materiais melhorados, sua grande maioria é proveniente dos programas de melhoramento da Embrapa, embora alguns tenham como seu país de origem o México, estes possivelmente são derivações de acessos introduzidos. Assim, é possível que os acessos tenham sido introduzidos no Brasil, passado por algum processo de melhoramento, e depois foram incluídos no BAG Milho, e no momento desta inclusão tenha constado nos dados de passaporte o país de origem. Nesses casos, em geral, o melhorista se detém em adaptar o acesso exótico às condições de cultivo brasileiras, então é esperado que estes acessos tenham sido cruzados com cultivares de alto desempenho e passado por etapas de seleção. Alguns desses materiais têm inclusive referências às cultivares antigas, como Maya e Azteca, ambas desenvolvidas pelo Instituto Agrícola de Campinas (IAC) (Sawazaki; Paterniani, 2004). No grupo de acessos melhorados há também um acesso originário do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Nos dados de passaporte, além da origem, existem também informações como o código BRA, que é a chave primária de identificação do acesso e possibilita a busca do acesso na plataforma ALELO (<http://alelo.cenargen.embrapa.br/>); data de coleta e de entrada no BAG Milho; outros códigos atribuídos pelas instituições diversas que mantiveram o acesso; além do nome comum designado ao acesso. O acesso mais recente presente no BAG Milho é o BR 473 Variedade QPM com data de entrada em 01/11/2006, e os representantes mais antigos são o Azteca Opaco 270%, o Sintético Opaco 60, e o Dentado Composto Opaco 2, todos estes são acessos do grupo dos melhorados. Nos acessos introduzidos, quase todos possuem a mesma data de entrada, 26/11/1984, possivelmente esses acessos foram introduzidos juntos no Brasil com o recebimento de um único lote com vários representantes. O acesso RR 015 coletado no Brasil possui em seu dado de passaporte o código de outra instituição, o código PI seguido de seis dígitos, que é um indicativo de que o acesso foi codificado no banco de germoplasma do Agricultural Research System (ARS), nos Estados Unidos da América, e o CY seguido de cinco dígitos, que indica que o acesso é preservado no CIMMYT. O fato de se manter o código de outra instituição é importante para a busca e o cruzamento de informações em publicações técnico-científicas e em bancos de dados de diferentes instituições, além de aumentar a segurança na preservação.

Tabela 1. Dados de passaporte de acessos do BAG Milho com grãos do tipo Opaco/QPM coletados no Brasil.

BRA	BRA (Novo)	Cód. Local (CNPMS)	Nomes comuns	Cód. Outra Inst.	Data de entrada. BAG ¹	Município ou Local/Estado	Coordenadas geográficas	Instituição de Origem
036463	00029968-5	1475	RR 015	PI 466759 CY 10726	27/11/1980	-/RR	02°00'S 61°30'W	-
099732	00129522-9	4030	SP 623 Palha Roxa	-	01/05/2005	Dois Córregos/ SP	22°21'S 48°22'W Alt: 673 m	-
099759	00129520-3	4032	SP 625 Crioulo Ferro	-	01/05/2005	Socorro/ SP	22°35'S 46°31'W Alt: 752 m	-

¹Data de entrada no BAG, considerada a menor data de entrada entre a data de obtenção e a de entrada.

Tabela 2. Dados de passaporte de acessos do BAG Milho com grãos do tipo Opaco/QPM melhorados.

BRA	BRA (Novo)	Cód. Local (CNPMS)	Nomes comuns	Data de entr. BAG ¹	País de origem	Instituição de origem
018716	00028748-2	0250	Azteca Opaco 270%	17/11/1977	-	IPA – Pernambuco
018708	00028763-1	0266	Sintético Opaco 60	17/11/1977	México	CNPMS
031470	00028776-3	0281	Dentado Composto Opaco 2	17/11/1977	-	-
041891	00028977-7	0483	CMS 20 Composto Opaco Braquítico	26/05/1980	Brasil	CNPMS - CIMMYT-FD MéxicoMéxico
049727	00029084-1	0590	CMS 451 BRS 451 Population64 Blanco Dent. -2 QPM–Tropical	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México
049913	00029103-9	0609	CMS 470 Obregon 7941 QPM	26/11/1984	México	CIMMYT-FD México
049921	00029104-7	0610	CMS 471 Across 7941 QPM	26/11/1984	México	CIMMYT-FD México
049930	00029105-4	0611	CMS 472 San Jeronimo 7941 QPM	26/11/1984	México	CIMMYT-FD México
050130	00029134-4	0640	Maya Dentado Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
050148	00029135-1	0641	Maya Duro Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
050156	00029136-9	0642	Maya Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
050105	00029137-7	0643	47 Duro Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
050091	00029138-5	0644	47 Dentado Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
050172	00029139-3	0645	47 Opaco 2	20/02/1987	-	CNPMS
100153	00032530-8	4039	BR 473 Var QPM	01/11/2006	-	CNPMS

¹Data de entrada no BAG, considerada a menor data de entrada entre a data de obtenção e a de entrada.

Tabela 3. Dados de passaporte de acessos do BAG Milho com grãos do tipo Opaco/QPM introduzidos.

BRA	BRA (Novo)	Cód. Local (CNPMS)	Nomes comuns	Data de entr. BAG ¹	País de origem	Instituição de origem
024783	00028939-7	0445	Doce Opaco	23/08/1978	-	Nutrimaiz – Campinas
044261	00029034-6	0540	Templado Amarillo QMP	01/02/1983	México	CIMMYT-FD México
049719	00029083-3	0589	CMS 450 Population63 Blanco Dentado -1 QPM-Tropical	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049735	00029085-8	0591	CMS 452 Population 62 White Flint QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049743	00029086-6	0592	CMS 453 Population 65 Yellow Flint QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049751	00029087-4	0593	CMS 454 Population 66 Yellow Dent QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049760	00029088-2	0594	CMS 455 Pool 25 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049778	00029089-0	0595	CMS 456 Pool 26 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049786	00029090-8	0596	CMS 457 Blanco Cristalino QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049794	00029091-6	0597	CMS 458 Amarillo Cristalino QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049808	00029092-4	0598	CMS 459 La Posta QPM	26/11/1985	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049816	00029093-2	0599	CMS 460 Obregon 7940 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049824	00029094-0	0600	CMS 461 Poza Rica 7940 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049832	00029095-7	0601	CMS 462 Guanacarte 7940 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049841	00029096-5	0602	CMS 463 Amarillo Cristalino - Pop. 69 Templado QPM (Sub- tropical)	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049859	00029097-3	0603	CMS 464- Pop. 70 Templado Amarillo QPM - Subtr	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*

¹Data de entrada no BAG, considerada a menor data de entrada entre a data de obtenção e a de entrada.

Continua

*Acessos que foram introduzidos e que passaram por processo de melhoramento.

Tabela 3. Dados de passaporte de acessos do BAG Milho com grãos do tipo Opaco/QPM introduzidos.

BRA	BRA (Novo)	Cód. Local (CNPMS)	Nomes comuns	Data de entr. BAG ¹	País de origem	Instituição de origem
049867	00029098-1	0604	CMS 465 Pool 33 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049875	00029099-9	0605	CMS 466 Pool 34 QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049883	00029100-5	0606	CMS 467 Amarillo del Bajío QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049891	00029101-3	0607	CMS 468 Amarillo Subtropical QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*
049905	00029102-1	0608	CMS 469 Templado Blanco Den- tado QPM	26/11/1984	México	CNPMS CIMMYT-FD México*

¹Data de entrada no BAG, considerada a menor data de entrada entre a data de obtenção e a de entrada.

*Acessos que foram introduzidos e que passaram por processo de melhoramento

Os dados de caracterização dos acessos do BAG milho com grãos do tipo Opaco/QPM são apresentados nas Tabelas 4 a 6. Nessas tabelas é possível verificar que os acessos apresentaram variabilidade para todos os descritores, exceto para o arranjo dos grãos, em que foi observado apenas o arranjo do tipo reto ou levemente encurvado. É possível constatar também que os acessos são, no geral, tardios a médios, com altura de planta e de espigas também intermediárias. As espigas são curtas, porém com diâmetro de médio a elevado, com grãos em geral amarelos ou alaranjados, porém com a presença de grãos com outras variações de cores no grupo de acessos dos melhorados e presença de grãos brancos entre os acessos introduzidos. O tamanho de grãos é, em geral, médio.

Os dados de caracterização podem ser mais bem analisados com o auxílio da Tabela 4, onde são apresentadas as médias para os caracteres de natureza quantitativa, e nas Figuras de 1 a 8, onde são apresentados os gráficos de distribuição de frequência para os descritores.

A precocidade é um dos atributos procurados pelo melhoramento no desenvolvimento de novas variedades. Contudo, os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM, em geral, tendem a ser tardios, pois, em média, os acessos deste grupo apresentaram florescimento masculino e feminino com cerca de 64 e 67 dias, respectivamente. Os gráficos de distribuição de frequência para esses caracteres são apresentados nas Figuras 1A e B e indicam boa variabilidade dentro do grupo, pois são encontrados acessos que apresentaram florescimento masculino variando de 47 a 78 dias e florescimento feminino variando de 50 a 82 dias. Entretanto a maioria dos acessos atingiu o florescimento entre faixas mais estreitas, ou seja, entre 58 e 72 dias e entre 61 e 71 dias para florescimento masculino e feminino, respectivamente. É oportuno destacar os acessos do grupo que apresentaram os limites para esses caracteres, sendo o mais precoce o CMS 464, acesso introduzido do CIMMYT, possivelmente com certo grau de melhoramento; e o mais tardio, o acesso SP 623, acesso coletado no estado de São Paulo. Outra observação relevante é que, em geral, os acessos introduzidos com a nomenclatura “CMS” seguida de três algarismos foi mais precoce. Possivelmente, isso se deve ao fato de serem acessos introduzidos a partir do programa de melhoramento do CIMMYT, e por essa razão tenham sido alvo de seleção para precocidade.

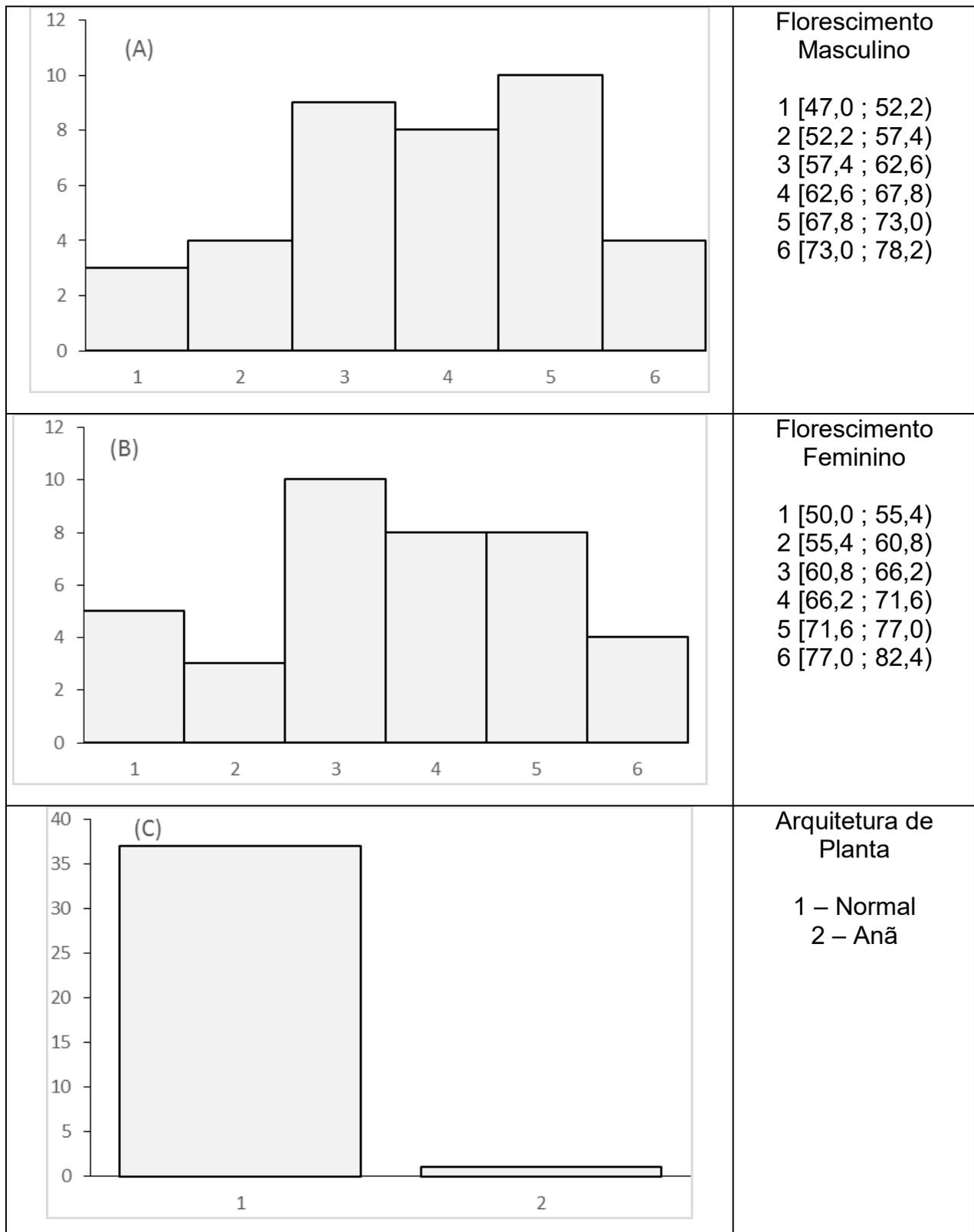


Figura 1. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Florescimento Masculino (A), Florescimento Feminino (B) e Arquitetura de Planta (C).

Quanto à arquitetura de planta, quase a totalidade dos acessos do grupo apresenta o tipo de planta normal, e apenas o acesso CMS 20 Opaco Braquítico, como o nome sugere, apresenta plantas do tipo anã (Figura 1C). A posição da espiga dos acessos com grãos do tipo opaco/QPM é em geral oblíqua; apenas o acesso SP 625 Crioulo Ferro apresenta espigas com inserção ereta, e outros oito acessos apresentam espigas com inserção do tipo decumbente (Figura 2A). O número médio de ramificações do pendão é cerca de 20, entretanto, são encontrados acessos de 15 a 30 ramificações, sendo a classe mais comum entre 15 e 22 ramificações (Figura 2B). Em geral, materiais melhorados apresentam pendões menores, uma vez que menor matéria seca no pendão pode contribuir para maior incremento na produção de grãos (Nalin et al., 2013). Contudo, apesar de a maioria dos acessos com grãos do tipo opaco/QPM ter passado por alguma etapa de melhoramento, o número médio de ramificações no pendão do grupo é muito próximo ao encontrado em outros grupos de acessos do BAG que não passaram por etapas de melhoramento (Teixeira et al., 2019a, 2020).

Os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM quando comparados a outros acessos, em geral, apresentam baixas alturas de plantas e de inserção da primeira espiga, pois em média as alturas foram 237,5 cm e 114,1 cm, respectivamente. Embora exista certa variabilidade entre os acessos do grupo para estes descritores, pois as alturas de planta e de espigas variaram de 162 cm a 322 cm e de 60 cm a 201 cm (Figuras 2C e 3A), respectivamente, a maioria dos acessos apresentou alturas de planta e de espigas variando entre 188 cm e 268 cm e entre 84 cm e 130 cm, respectivamente. Devem ser destacados os acessos SP 623, Azteca Opaco e Maya Dentado Opaco 2 por apresentarem elevadas alturas de planta e de espigas, e os acessos Templado Amarillo QPM, 47 Dentado Opaco 2, CMS 471 e RR 015 pelas baixas alturas de planta e de espigas. Para os caracteres folhas acima da primeira espiga e folhas totais, os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM também apresentaram variabilidade, embora em pequena magnitude. A maioria dos acessos apresentou seis folhas acima da espiga, embora tenham sido encontrados acessos com cinco e sete folhas (Figura 3B). Os acessos RR 015 e SP 623 apresentaram sete folhas acima da espiga. Em média, os acessos do grupo apresentaram por volta de 16 folhas totais, sendo que foram encontrados acessos com número de folhas variando de 11 a 23, entretanto, quase a totalidade de acessos do grupo apresentou número de folhas totais entre 11 e 17 (Figura 3C), apenas o acesso CMS 470 apresentou 23 folhas. A média do diâmetro de colmo foi por volta de 23 mm, o que indica que para este caráter os acessos do BAG Milho com grãos opaco/QPM são, em médias, similares a outros grupos de acessos do BAG Milho (Teixeira et al., 2019a, 2020). Os acessos do grupo apresentaram diâmetro do colmo variando de 18 mm a 29 mm, embora a maioria dos acessos tenha apresentado diâmetro do colmo entre 20 mm e 25 mm (Tabela 4). Os acessos SP 623 e Maya Dentado Opaco 2 apresentaram elevado diâmetro de colmo. Os descritores relatados acima, em sua maioria, se referem a atributos expressos na planta que são de importância especialmente sob o ponto de vista agrônomo e influenciam na produtividade de grãos. Dentre os acessos analisados, deve ser ressaltado que o acesso SP 623 teve comportamento diferenciado para diversos atributos, indicando que dentro do conjunto avaliado ele apresentou plantas mais robustas. Boa parte dos descritores do milho se refere a atributos expressos nas espigas e nos grãos. Muitos desses caracteres são usados como critérios de seleção em programas de melhoramento, pois atributos da espiga e dos grãos estão relacionados à produtividade, à valorização do produto e à facilidade no beneficiamento. Os resultados para os descritores que serão apresentados a seguir se referem a estes caracteres expressos nas espigas e nos grãos.

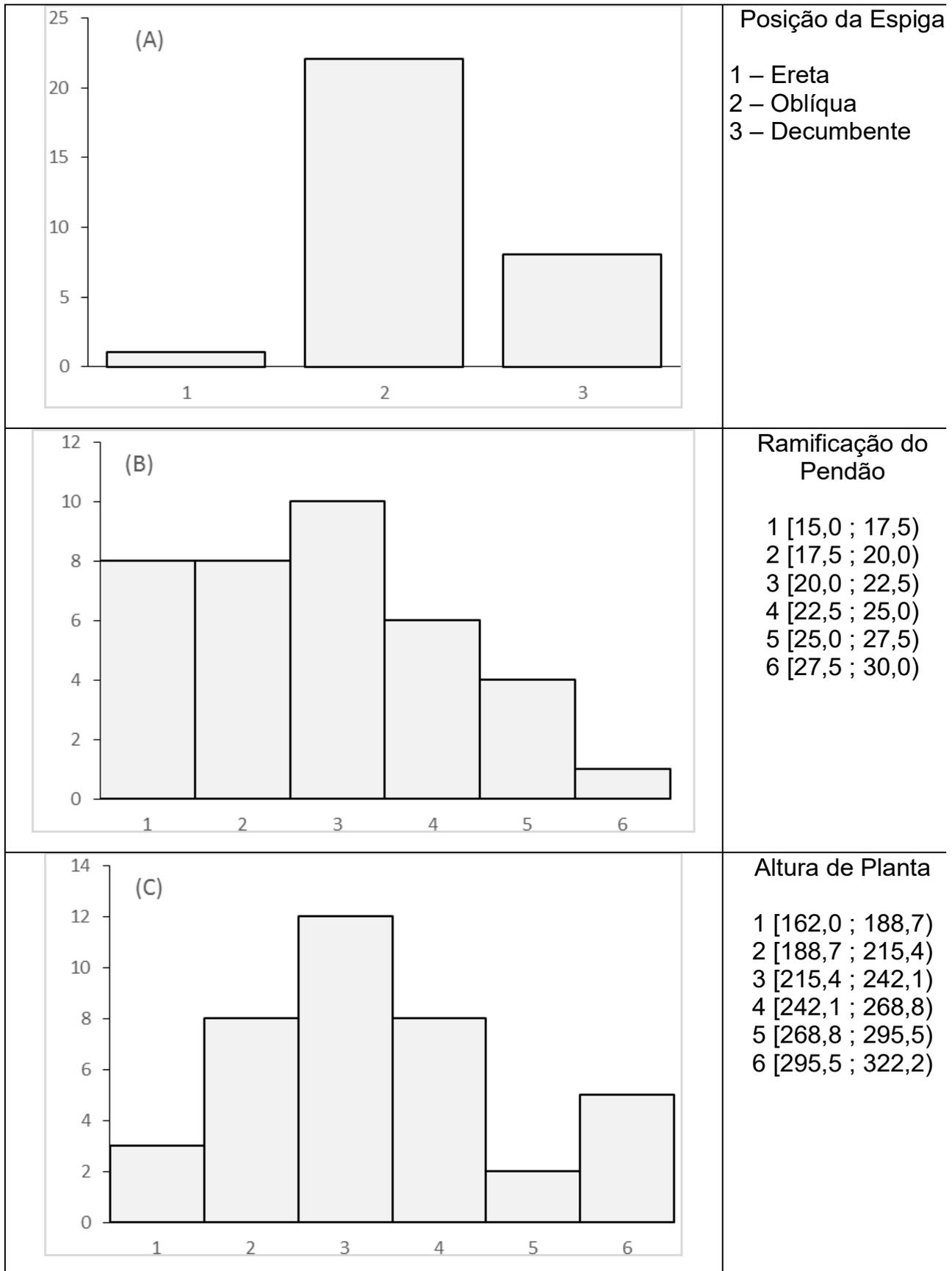


Figura 2. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Posição da Espiga (A), Ramificação de Pendão (B) e Altura de Planta (C).

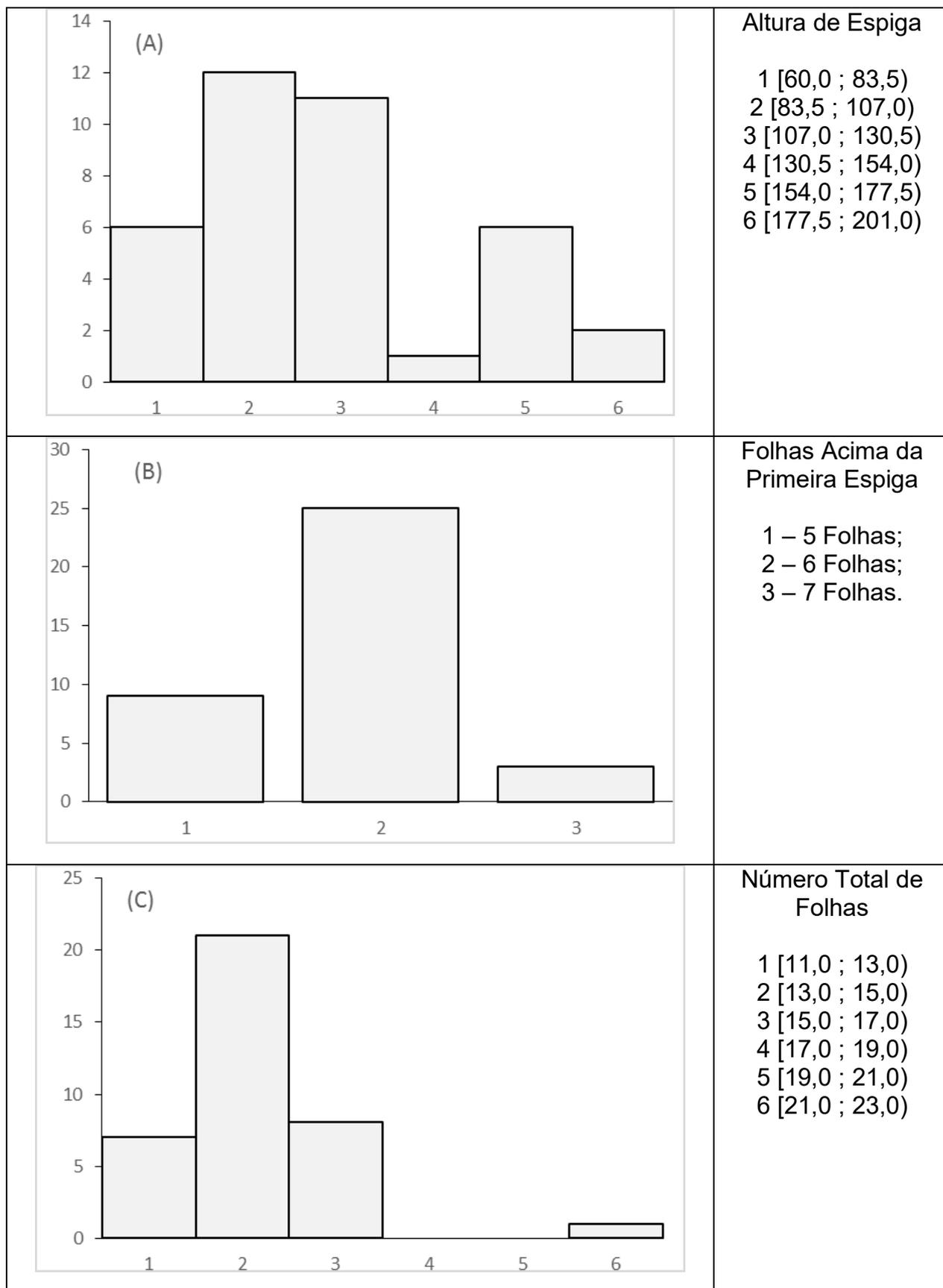


Figura 3. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Altura de Espiga (A), Folhas Acima da Primeira Espiga (B) e Número Total de Folhas (C).

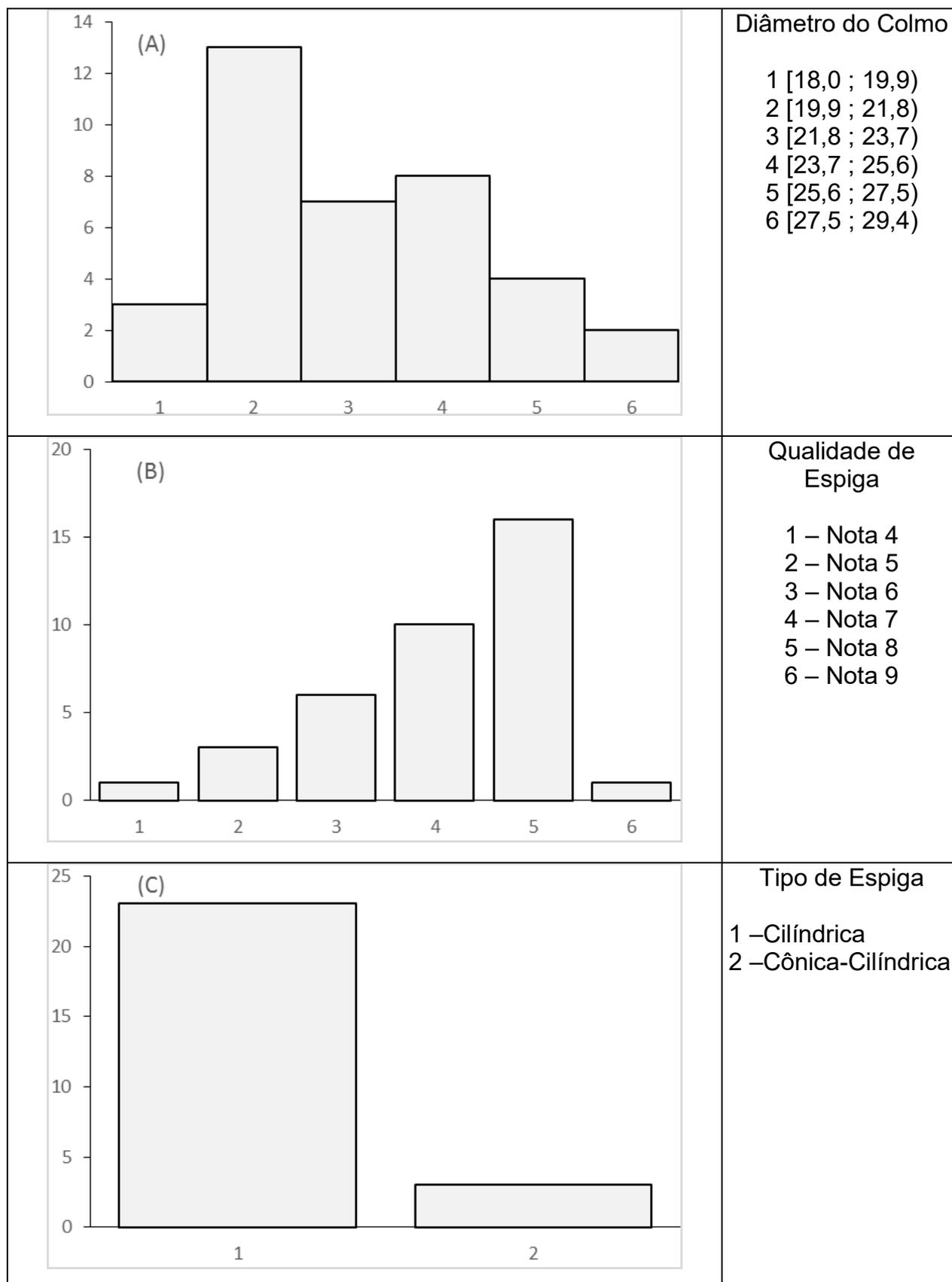


Figura 4. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Diâmetro do Colmo (A), Qualidade de Espiga (B) e Tipo de Espiga (C).

Tabela 4. Dados de caracterização de acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM coletados em relação aos números de dias para florescimentos masculino (FM) e feminino (FF), arquitetura de planta (AQ), posição da espiga (PO), número de ramificações no pendão (RP), alturas de planta (AP, cm) e de espiga (AE, cm), números de folhas acima da primeira espiga (FA) e total (FT), diâmetro do colmo (DC, mm) e nota de qualidade de espigas (NQ), tipo de espigas (TP), arranjo dos grãos (AG), comprimento de espigas (CE, mm), diâmetro de espigas (DE, mm), números de fileiras de grãos por espiga (NF) e de grãos por fileira (NG), pesos de espigas por planta (PE, g) e de grãos por planta (PG, g), diâmetro do sabugo (DS, mm) e peso de 1.000 sementes (PM, g).

BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
036463	RR 015	75	82	1	2	30	170	90	7	16	22	-	-
099732	SP 623 Palha Roxa	78	82	1	2	18	310	201	7	14	28	8	CL
099759	SP 625 Crioulo Ferro	73	78	1	1	18	268	165	5	14	24	7	CL
BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
036463	RR 015	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	
099732	SP 623 Palha Roxa	1	3	7	116	41	16	27	110	93	23	345	
099759	SP 625 Crioulo Ferro	1	3	7	118	39	14	24	103	83	24	287	

¹ Arquitetura de planta: 1 – normal, 2 – anã,

² Posição da espiga: 1 – ereta, 2 – oblíqua, 3 – decumbente

³ Qualidade de espiga: escala notas de 1 a 9, sendo 1 atribuída às espigas de qualidade péssima e 9 atribuída às espigas de qualidade ótima.

⁴ Tipo de espigas: CL- cilíndrica, CC – cônica-cilíndrica, CO: cônica, RE: redonda

⁵ Arranjo dos grãos: 1 – reto ou levemente recurvado, 2 – em espiral, 3 – entrelaçado

⁶ Cor do grão: 1 – branco, 2 – amarelo, 3 – laranja, 4 – vermelho

⁷ Tipo de grão: 1 – dentado, 2 – semidentado, 3 – duro, 4 – semiduro, 5 – doce, 6 – farináceo, 7 – opaco

A nota de qualidade da espiga (NQ) segue escala variando de 1 (péssima qualidade) a 9 (ótima qualidade). Essas notas são atribuídas a conjuntos de 10 espigas que são avaliadas em diversos aspectos, tais como: presença de falha de grãos, não enchimento de grãos, alinhamento de fileiras de grãos e outros fatores ligados à aparência da espiga tendo como ponto de referência o padrão comercial. Em geral, os acessos do grupo em estudo apresentaram boa qualidade de espigas, pois a média geral para o caráter foi cerca de 7, indicando qualidade de boa a média. Além disso, a maioria dos acessos apresentou nota de qualidade de espiga entre 7 e 8, embora, no grupo tenham sido identificados acessos com notas de qualidade de espiga variando entre 4 e 9. O acesso CMS 467 apresentou a menor nota de qualidade de espiga em todo o grupo, possivelmente por ser um acesso introduzido, e não esteja adaptado às condições de cultivo em que foram realizadas as avaliações, o que deve ter contribuído para a qualidade da espiga. No extremo oposto, está o acesso Maya Dentado Opaco 2, que é classificado como melhorado e, como sugere a nomenclatura, deve ter sido melhorado com base na variedade melhorada Maya. Para o tipo de espiga há pouca variação entre os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM, pois quase a totalidade dos acessos apresentaram espigas do tipo cilíndrica, alguns poucos com espigas com formato cônico-cilíndrico, não sendo encontrados acessos com os demais formatos de espigas no grupo. Para o caractere arranjo de grãos não houve variação entre os acessos do grupo, sendo observado apenas o arranjo de grãos do tipo reto ou levemente encurvado. Quanto à cor do grão, entre os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM há predominância dos grãos amarelos ou alaranjados, seguidos de acessos de grãos brancos. Como os acessos do BAG Milho são populações, é pos-

sível a observação de mais de uma cor entre os grãos, entretanto isso não ocorre na maioria dos acessos com grãos do tipo opaco/QPM, exceto para os acessos denominados 47 Duro Opaco 2 e 47 Dentado Opaco 2, ambos de origem melhorada, em que são encontrados grãos de cor vermelha, embora não sejam a cor predominante para o acesso (Figura 5A).

É esperado que o grupo de acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM seja formado exclusivamente por acessos com grãos do tipo opaco. Entretanto isso não acontece, como pode ser visto na Figura 5B onde é indicado que no grupo em estudo a maioria dos acessos apresenta tipo de grãos que variam do dentado ao duro, com representantes dos tipos semidentado ou semiduro, sendo ainda encontrados acessos com grãos do tipo farináceo e doce. Os acessos classificados com grãos do tipo farináceo são: Azteca Opaco 270%, Sintético Opaco 60, Maya Duro Opaco 2, todos originários do melhoramento. O acesso com grãos doce é o Doce Opaco, introduzido. Os acessos com grãos do tipo dentado são os CMS 470, de origem melhorada e CMS 450, CMS 466 e CMS 469, originários de introduções. Os acessos com grãos do tipo semidentado são: CMS 471, originário do melhoramento, e CMS 454, CMS 456, CMS 459, CMS 461, CMS 462, CMS 464 e CMS 467 que têm origem de introduções no Brasil. Os acessos com grãos do tipo semiduro são: CMS 451 e CMS 472, de origem do melhoramento e, CMS 452, CMS 453, CMS 455, CMS 457, CMS 458 e CMS 460, CMS 463, CMS 465 e CMS 468 originários de introduções. Por fim, há apenas o acesso Templado Amarillo QPM com grãos classificados com o tipo duro entre os acessos do BAG Milho identificados como sendo opaco/QPM. Ou seja, dentre os 39 acessos do BAG Milho identificados como sendo opaco/QPM, 28 (72%) tiveram seus grãos classificados em outro tipo de endosperma que não o opaco. Em primeiro lugar, é oportuno lembrar que a forma em que o presente grupo foi formado levou em consideração dois fatores: a classificação dos grãos dos acessos do tipo opaco e/ou a nomenclatura contendo informações que relacionem os acessos com QPM ou opaco. Assim, acessos denominados QPM ou Opaco foram selecionados para compor o grupo mesmo não tendo seus grãos classificados como opaco, uma ilustração dessa situação é o acesso denominado Doce opaco, que tem seus grãos classificados como doce. A primeira possível razão para que esse fato tenha ocorrido se deve à possibilidade de equívocos na caracterização, pois a adequada identificação de grãos do tipo opaco deve ser feita por meio da observação sob superfície luminosa com o uso de transiluminador (Teixeira; Costa, 2010), o que não ocorre no dia a dia dos BAGs. Além disso, o endosperma pode ser opaco, e o grão pode possuir diversos formatos como duro e dentado, assim, a classificação não está errônea, mas, possivelmente, incompleta. Outra razão para o aparecimento de tipos de grãos diversos se deve ao fato de que a maioria dos acessos tem origem melhorada ou introduzida a partir do programa de melhoramento do CIMMYT, que desenvolveu populações QPM a partir de acessos com grãos do tipo opaco com fontes de germoplasma com grãos vítreos e comerciais, levando a obtenção de populações com grãos aparência do tipo normal, e não opacos (Villegas et al., 1985; National Research Council, 1988). Assim, está de acordo com o esperado: que as populações QPM, presentes no BAG, não apresentassem endosperma com alto grau de opacidade.

A partir dessa observação, é possível supor que entre os demais acessos do BAG Milho ainda existem acessos que eventualmente possam portar o alelo recessivo opaco2 (Rocha et al., 2003). É possível ainda que além do alelo opaco-2 existam outros alelos mutantes que atuem na qualidade proteica do milho, como o floury-2 (fl2) (Vasal, 2000), mas que ainda não tenham sido identificados entre os acessos do BAG Milho.

A média do comprimento de espigas para os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM foi cerca de 120 mm, sendo encontrados acessos em que a média variou de 90 mm a 167 mm (Figura 5C), indicando boa variabilidade entre os acessos do grupo. Entretanto, são mais comuns

os acessos com espigas mais curtas, com comprimento até 128 mm, o que difere de outros grupos de acessos do BAG Milho estudados por Teixeira et al. (2019a, 2020).

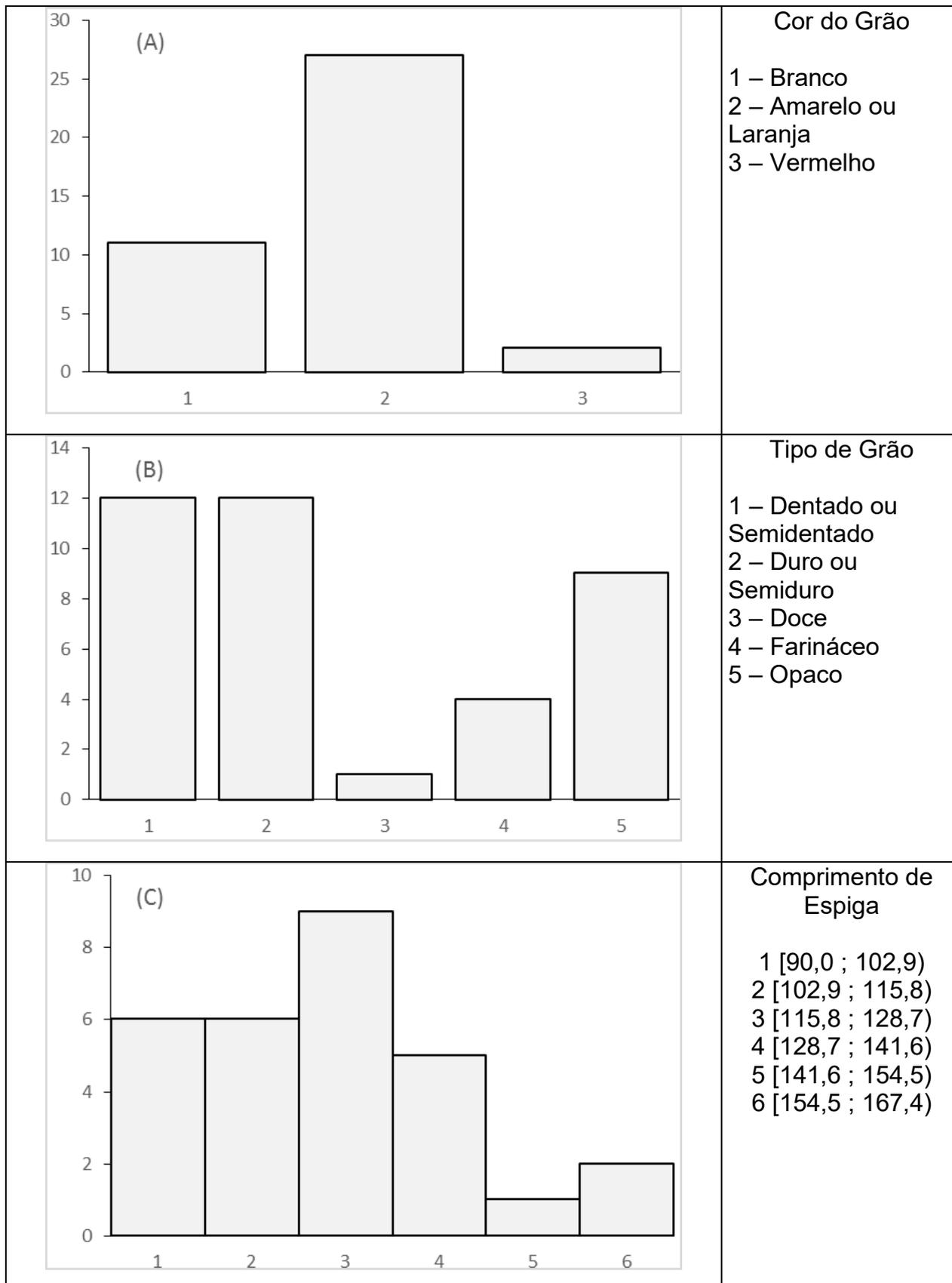


Figura 5. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Cor do Grão (A), Tipo de Grão (B) e Comprimento de Espiga (C).

Os acessos de espigas mais longas foram o 47 Dentado opaco 2 e 47 Opaco 2, ambos de origem melhorada, e o acesso Templado Amarillo QPM, de origem introduzida. Enquanto os acessos com espigas curtas ($CE \leq 102$ mm) são mais numerosos no grupo, sendo eles: CMS 466, CMS 456, CMS 457, CMS 450, CMS 453 e CMS 472. O diâmetro de espigas médio para os acessos do grupo foi 45,2 mm e variaram de 39 mm a 51 mm, sendo que quase a metade dos acessos apresentou diâmetro de espigas entre 45 mm e 46 mm (Figura 6A). Esses valores são superiores à maioria das estimativas do diâmetro de espigas obtidas para outros grupos de acessos do BAG Milho (Teixeira et al., 2019a, 2020). Merecem destaque os acessos Dentado Composto Opaco 2, melhorado, e CMS 450, CMS 459, CMS 462, CMS 464, CMS 465 e CMS 468, introduzidos, por apresentarem elevado diâmetro de espigas. Apenas o acesso SP 625 Crioulo Ferro, coletado, apresentou diâmetro de espigas inferior a 40 mm.

Em média, os acessos do BAG Milho com grãos opaco/QPM apresentam 14,4 fileiras de grãos, e a moda para esse caráter é de 14 fileiras (Figura 6B), assim como para diversos outros grupos de acessos do BAG Milho (Teixeira et al., 2019a, 2020). Apenas o acesso CMS 469 apresentou acima de 16 fileiras de grãos. Apesar de espigas com 14 fileiras serem predominantes, foram encontrados acessos com espigas apresentando de 10 a 20 fileiras de grãos. O número de grãos por fileira para os acessos do grupo foi, em média, 31,6, que é também uma estimativa muito similar às obtidas para outros grupos de acessos do BAG Milho (Teixeira et al., 2019a, 2020). Os acessos do grupo variaram de 23 a 45 grãos por fileiras, entretanto, como mostra o gráfico da Figura 6C, acessos com menor número de grãos por fileira são a maioria, conforme esperado, uma vez que as espigas mais curtas também foram mais comuns. Destacam-se os acessos Azteca Opaco 270%, Sintético Opaco 60, Opaco Braquítico, Maya Dentado Opaco 2, 47 Dentado Opaco 2 e 47 Opaco 2, de origem melhorada, e Doce Opaco 2, de origem introduzida, por apresentarem elevado número de grãos por fileiras. Esses resultados indicam que há variabilidade entre os acessos do grupo, apesar de boa parte destes acessos terem comportamento similar.

O peso médio de espigas e de grãos por espigas foi elevado conforme esperado ($r = 0,9679$). Em média, o peso de espigas e o peso de grãos dos acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM foi 142,4 g e 117,8 g, respectivamente, que são estimativas superiores às obtidas por Teixeira et al. (2020) para acessos do BAG Milho com grãos brancos dos tipos duro e semiduro, mas similares aos obtidos para os grãos brancos e semidentados, entretanto inferiores aos obtidos para acessos com grãos brancos e dentados (Teixeira et al., 2019a). Os acessos apresentaram pesos de espigas e de grãos por espigas variando de 103 g a 181 g e de 83 g a 150 g (Figuras 7A e 7B), respectivamente, e a maioria dos acessos apresentou estes caracteres variando de 129 g a 168 g e de 105 g a 159 g, indicando assim que as espigas dos acessos do grupo em geral apresentam peso elevado, o que possivelmente se deve à origem melhorada. O acesso CMS 459, de origem introduzida, deve ser destacado pelo elevado peso de espigas e de grãos por espigas. Os acessos Sintético Opaco 60, Dentado Composto opaco 2 e Maya Dentado Opaco 2, de origem melhorada, destacam-se por apresentarem elevado peso de grãos por espiga.

Os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM apresentaram diâmetro do sabugo de 27,3 mm em média, entretanto essa característica variou de 22 mm a 33 mm entre os acessos do grupo, sendo que no geral esses acessos apresentaram diâmetro do sabugo entre 28 mm e 29 mm (Figura 7C). Em geral, os acessos do grupo apresentam diâmetro do sabugo maior do que acessos de outros grupos do BAG Milho estudados por Teixeira et al. (2019a, 2020), que apresentaram médias para os caracteres variando de 23,9 mm a 26,3 mm. A média mais elevada para diâmetro do sabugo já era esperada, em razão do maior diâmetro de espigas observado.

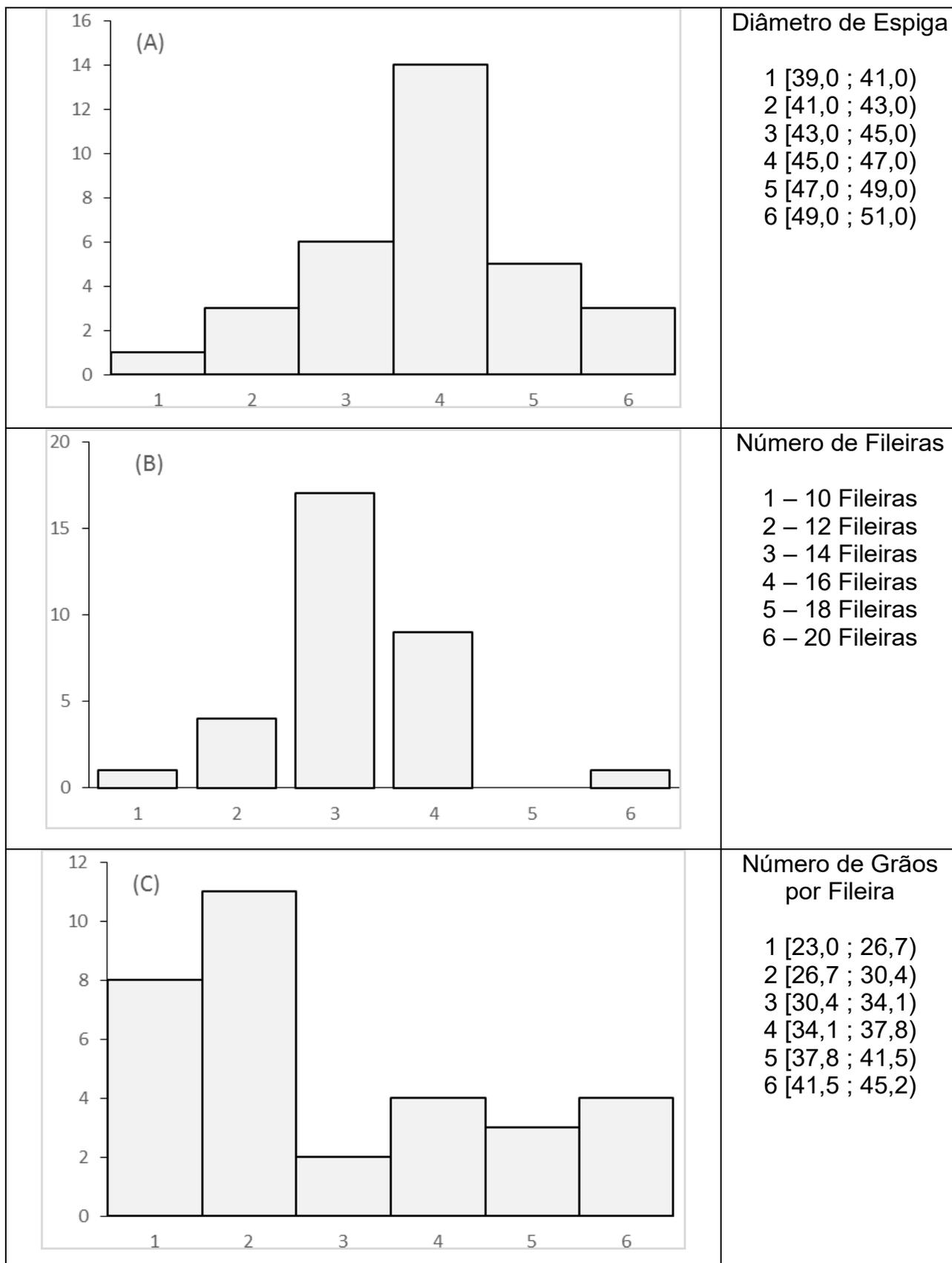


Figura 6. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Diâmetro de Espiga (A), Número de Fileiras (B) e Número de Grãos por Fileira (C).

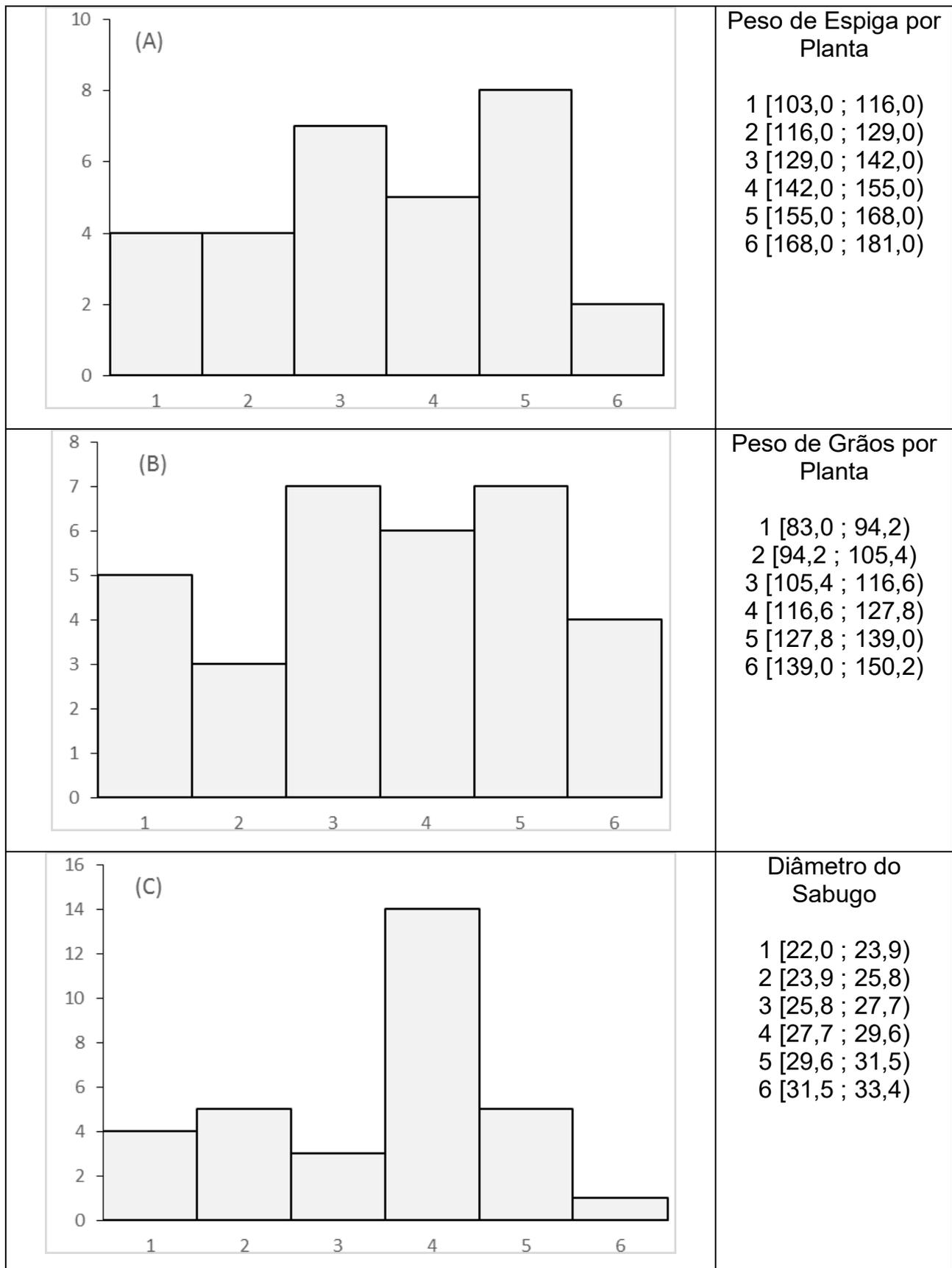


Figura 7. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Peso de Espiga por Planta (A), Peso de Grãos por Planta (B) e Diâmetro de Sabugo (C).

O peso de 1.000 sementes é uma característica de maior importância para milhos especiais, que se diferenciam do milho comum justamente por atributos expressos nos grãos, como é o caso do milho opaco/QPM. Os acessos do grupo apresentaram peso médio de 1.000 grãos de 329,8 g, e as observações entre acessos do grupo variaram de 234 g até 385 g. Entretanto, nas classes de distribuição de frequência associadas aos maiores pesos de 1.000 sementes, houve maior número de observações, assim a maioria dos acessos apresentou peso de 1.000 sementes superior a 309 g. Esses resultados, quando comparados aos estudos realizados por Teixeira et al. (2019a, 2020) com acessos do BAG Milho com grãos brancos, indicam que em média os acessos com grãos do tipo opaco/QPM apresentam maior peso de 1.000 grãos do que acessos com grãos brancos dos tipos duro e semiduro, além disso, esse valor encontrado nos acessos com grãos do tipo opaco/QPM foram também mais elevados do que os observados nos acessos com grãos brancos dos tipos dentado e semidentado. Devem ser destacados os seguintes acessos do grupo por causa do maior peso de 1.000 grãos: CMS 471 e Maya Dentado Opaco, de origem melhorada, e CMS 459, CMS 461, CMS 462, CMS 466 e CMS 467, de origem introduzida.

Tabela 5. Dados de caracterização de acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM melhorados em relação aos números de dias para florescimentos masculino (FM) e feminino (FF), arquitetura de planta (AQ), posição da espiga (PO), número de ramificações no pendão (RP), alturas de planta (AP, cm) e de espiga (AE, cm), números de folhas acima da primeira espiga (FA) e total (FT), diâmetro do colmo (DC, mm) e nota de qualidade de espigas (NQ), tipo de espigas (TP), arranjo dos grãos (AG), comprimento de espigas (CE, mm), diâmetro de espigas (DE, mm), números de fileiras de grãos por espiga (NF) e de grãos por fileira (NG), pesos de espigas por planta (PE, g) e de grãos por planta (PG, g), diâmetro do sabugo (DS, mm) e peso de 1.000 sementes (PM, g).

BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
018716	Azteca Opaco 270%	69	73	1	2	19	302	185	6	13	25	7	-
018708	Sintético Opaco 60	72	78	1	-	21	249	154	6	14	26	8	-
031470	Dentado Composto Opaco 2	69	73	1	-	20	224	122	5	14	26	8	CL
041891	CMS 20 Opaco Braquítico	69	73	3	-	16	162	75	6	15	27	5	-
049727	CMS 451	67	71	1	2	24	230	109	6	14	25	7	CL
049913	CMS 470	61	65	1	2	23	210	83	5	23	21	6	-
049921	CMS 471	61	65	1	2	18	199	76	5	12	20	7	CL
049930	CMS 472	64	69	1	2	16	205	81	5	11	20	8	CL
BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
018716	Azteca Opaco 270%	1	2	6	120	42	12	40	147	127	22	326	
018708	Sintético Opaco 60	1	1	6	-	43	12	42	166	139	22	285	
031470	Dentado Composto Opaco 2	1	2	6; 7	106	47	14	37	163	148	26	346	
041891	CMS 20 Opaco Braquítico	1	1	7	-	46	14	38	-	130	24	321	
049727	CMS 451	1	1	4	125	45	14	30	141	117	28	347	
049913	CMS 470	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
049921	CMS 471	1	2	2	120	46	14	29	150	117	29	377	
049930	CMS 472	1	3	4	100	45	14	26	117	96	29	329	

Continua

Tabela 5. (continuação).

BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
050130	Maya Dentado Opaco 2	53	55	1	3	22	322	170	6	15	29	9	CC
050148	Maya Duro Opaco 2	68	71	1	-	-	220	99	-	-	-	7	-
050156	Maya Opaco 2	52	54	1	3	23	270	162	7	16	25	8	CC
050105	47 Duro Opaco 2	54	56	1	2	21	296	160	6	16	23	8	CL
050091	47 Dentado Opaco 2	73	74	1	3	19	190	60	6	15	19	6	CL
050172	47 Opaco 2	53	55	1	2	20	306	159	6	16	23	8	CC
100153	BR 473	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
050130	Maya Dentado Opaco 2	1	2	7	140	44	14	40	159	139	24	385	
050148	Maya Duro Opaco 2	-	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
050156	Maya Opaco 2	1	2	7	130	43	14	37	135	114	25	259	
050105	47 Duro Opaco 2	1	2; 4	7	130	43	14	37	136	115	25	264	
050091	47 Dentado Opaco 2	1	2; 4	7	167	45	14	45	167	130	28	310	
050172	47 Opaco 2	1	2	7	150	46	14	42	162	135	27	287	
100153	BR 473	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	

¹Arquitetura de planta: 1 – normal, 2 – anã,

² Posição da espiga: 1 – ereta, 2 – oblíqua, 3 – decumbente

³ Qualidade de espiga: escala notas de 1 a 9, sendo 1 atribuída às espigas de qualidade péssima e 9 atribuída às espigas de qualidade ótima.

⁴ Tipo de espigas: CL- cilíndrica, CC – cônica-cilíndrica, CO: cônica, RE: redonda

⁵Arranjo dos grãos: 1 – reto ou levemente recurvado, 2 – em espiral, 3 – entrelaçado

⁶ Cor do grão: 1 – branco, 2 – amarelo, 3 – laranja, 4 – vermelho

⁷ Tipo de grão: 1 – dentado, 2 – semidentado, 3 – duro, 4 – semiduro, 5 – doce, 6 – farináceo, 7 – opaco

Tabela 6. Dados de caracterização de acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM introduzidos em relação aos números de dias para florescimentos masculino (FM) e feminino (FF), arquitetura de planta (AQ), posição da espiga (PO), número de ramificações no pendão (RP), alturas de planta (AP, cm) e de espiga (AE, cm), números de folhas acima da primeira espiga (FA) e total (FT), diâmetro do colmo (DC, mm) e nota de qualidade de espigas (NQ), tipo de espigas (TP), arranjo dos grãos (AG), comprimento de espigas (CE, mm), diâmetro de espigas (DE, mm), números de fileiras de grãos por espiga (NF) e de grãos por fileira (NG), pesos de espigas por planta (PE, g) e de grãos por planta (PG, g), diâmetro do sabugo (DS, mm) e peso de 1.000 sementes (PM, g).

BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
024783	Doce Opaco	71	75	1	-	19	236	113	6	14	24	6	-
044261	Templado Amarillo QPM	56	57	1	-	15	187	96	6	14	20	6	-
049719	CMS 450	66	67	1	3	15	234	113	6	14	21	8	CL
049735	CMS 452	64	66	1	3	16	244	110	6	14	23	8	-
049743	CMS 453	62	65	1	2	21	202	88	5	13	20	7	CL
049751	CMS 454	62	65	1	2	20	211	84	6	14	18	7	-
049760	CMS 455	67	71	1	2	24	233	103	6	12	21	8	CL
BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
024783	Doce Opaco	1	2	5	-	41	12	42	-	106	22	234	
044261	Templado Amarillo QPM	1	2	3	159	44	14	35	159	128	26	326	
049719	CMS 450	1	1	1	100	47	16	26	126	103	29	331	
049735	CMS 452	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
049743	CMS 453	1	3	4	100	45	14	26	118	94	29	347	
049751	CMS 454	-	2	2	140	46	16	33	154	122	30	326	
049760	CMS 455	1	2	4	105	45	14	28	134	116	30	334	
BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
049778	CMS 456	62	66	1	-	17	264	122	6	14	18	8	CL
049786	CMS 457	64	66	1	2	16	249	112	6	14	20	8	CL
049794	CMS 458	67	71	1	2	24	248	119	6	14	23	7	-
049808	CMS 459	72	75	1	3	25	280	136	6	14	26	8	CL
049816	CMS 460	72	75	1	2	25	242	109	6	13	23	7	CL
049824	CMS 461	68	71	1	2	15	210	84	6	12	22	7	CL
049832	CMS 462	72	75	1	2	23	232	106	6	15	24	6	CL

Continua

Tabela 6. continuação.

BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
049778	CMS 456	1	3	2	90	45	14	23	109	92	28	343	
049786	CMS 457	1	1	4	100	46	16	27	110	93	29	257	
049794	CMS 458	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
049808	CMS 459	1	1	2	140	48	14	32	181	150	29	379	
049816	CMS 460	1	1	4	125	43	10	30	138	112	28	333	
049824	CMS 461	1	1	2	106	46	12	26	134	109	29	369	
049832	CMS 462	1	1	2	116	48	16	28	152	124	30	369	
BRA	Nome	FM	FF	AQ ¹	PO ²	RP	AP	AE	FA	FT	DC	NQ ³	TP ⁴
049841	CMS 463	60	62	1	2	26	224	101	5	13	21	6	-
049859	CMS 464	47	50	1	2	22	239	106	6	13	21	8	CL
049867	CMS 465	51	53	1	3	26	257	110	5	13	24	8	CL
049875	CMS 466	61	65	1	2	18	202	70	5	11	20	5	CL
049883	CMS 467	58	60	1	2	19	232	99	6	12	21	4	CL
049891	CMS 468	59	61	1	3	20	222	92	6	12	20	8	CL
049905	CMS 469	65	68	1	2	22	244	111	6	13	24	5	CL
BRA	Nome	AG ⁵	CG ⁶	TE ⁷	CE	DE	NF	NG	PE	PG	DS	PM	
049841	CMS 463	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
049859	CMS 464	1	2	2	110	48	16	27	139	114	29	356	
049867	CMS 465	1	3	4	120	49	16	28	157	130	31	333	
049875	CMS 466	1	2	1	99	46	16	24	119	102	28	368	
049883	CMS 467	1	2	2	109	45	14	28	149	121	28	367	
049891	CMS 468	1	3	4	120	49	16	29	163	131	30	352	
049905	CMS 469	1	1	1	114	51	20	26	175	138	33	357	

¹ Arquitetura de planta: 1 – normal, 2 – anã,

² Posição da espiga: 1 – ereta, 2 – oblíqua, 3 – decumbente

³ Qualidade de espiga: escala notas de 1 a 9, sendo 1 atribuída às espigas de qualidade péssima e 9 atribuída às espigas de qualidade ótima.

⁴ Tipo de espigas: CL- cilíndrica, CC – cônica-cilíndrica, CO: cônica, RE: redonda

⁵ Arranjo dos grãos: 1 – reto ou levemente recurvado, 2 – em espiral, 3 – entrelaçado

⁶ Cor do grão: 1 – branco, 2 – amarelo, 3 – laranja, 4 – vermelho

⁷ Tipo de grão: 1 – dentado, 2 – semidentado, 3 – duro, 4 – semiduro, 5 – doce, 6 – farináceo, 7 – opaco

Tabela 7. Médias dos acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os caracteres números de dias para florescimentos masculino (FM) e feminino (FF), número de ramificações no pendão (RP), alturas de planta (AP, cm) e de espiga (AE, cm), números de folhas acima da primeira espiga (FA) e total (FT), diâmetro do colmo (DC, mm), nota de qualidade de espigas (NQ), comprimento de espigas (CE, mm), diâmetro de espigas (DE, mm), números de fileiras de grãos por espiga (NF) e de grãos por fileira (NG), pesos de espigas por planta (PE, g) e de grãos por planta (PG, g), diâmetro do sabugo (DS, mm) e peso de 1.000 sementes (PM, g).

Caracteres		Médias dos Acessos Opaco/QPM		
FM	64,1	CE	119,8	
FF	67,3	DE	45,2	
RP	20,4	NF	14,4	
AP	237,5	NG	31,6	
AE	114,1	PE	142,4	
FA	5,8	PG	117,8	
FT	13,9	DS	27,3	
DC	22,6	PM	329,8	
NQ ¹	7,1			

¹ Qualidade de espiga: escala notas de 1 a 9, sendo 1 atribuída às espigas de qualidade péssima e 9 atribuída às espigas de qualidade ótima.

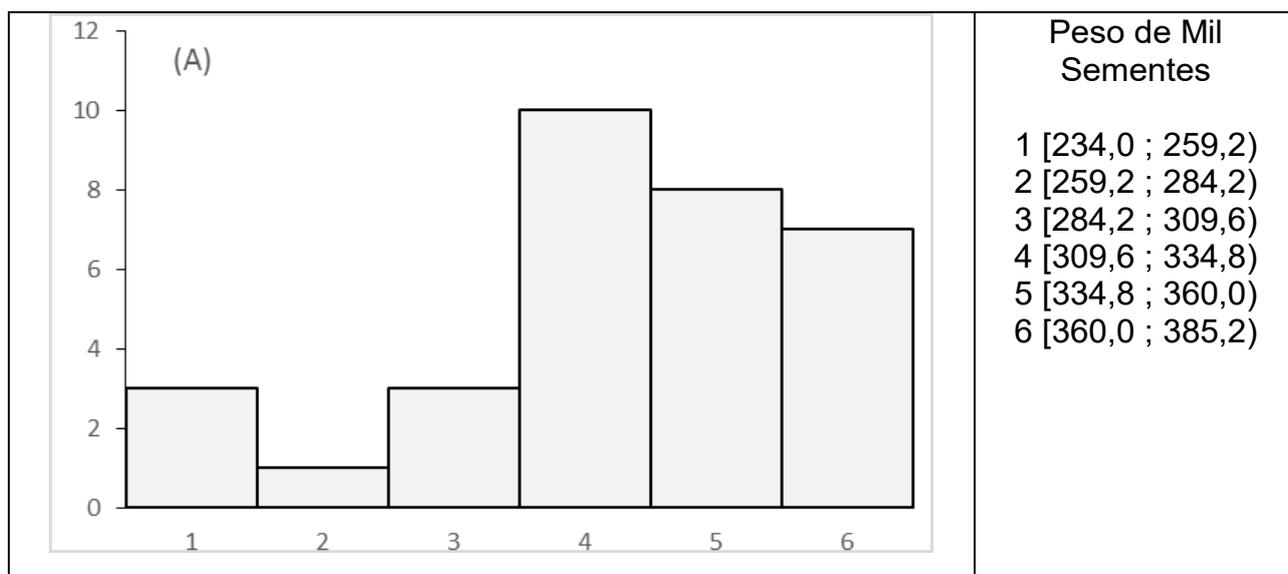


Figura 8. Distribuições de frequência para acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM para os descritores Peso de 1.000 Sementes (A).

O dendrograma ilustrativo da divergência genética entre acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM é apresentado na Figura 9. A correlação cofenética foi 0,7032, que é um valor um pouco abaixo do mínimo sugerido, que é 0,8 (Cargnelutti Filho et al., 2010). Entretanto, esse valor é similar aos obtidos em outros trabalhos envolvendo o BAG Milho (Teixeira et al., 2019a, 2019b, 2020). Nestes estudos, a distância máxima entre os acessos dos grupos variou de 0,90 para grupos de acesso brancos dentados coletados (Teixeira et al., 2019a) a 0,76 para acessos com grãos do tipo doce (Teixeira et al., 2019b). De maneira geral, como esperado, grupos de acessos em que seus componentes têm origens diversas apresentam distâncias máximas entre acessos mais elevadas do que as distâncias máximas entre acessos de grupos formados por componentes que são, em sua maioria, originários de programas de melhoramento ou de introduções de programas de melhoramento. No presente estudo em que a maioria dos acessos é derivada de programas de melhoramento, mesmo os acessos introduzidos, a distância máxima observada entre eles foi 0,66, ou seja, ainda é inferior à obtida entre acessos do BAG Milho com grãos do tipo doce (Teixeira et al., 2019b), que também são em pequeno número, em maioria originários de programas de melhoramento e que, supostamente, têm base genética estreita. Esses resultados indicam que há variabilidade entre acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM, entretanto a variabilidade entre acessos é de menor magnitude do que outros grupos de acessos do BAG de origem coletada. A estimativa de divergência genética máxima obtida entre dois acessos com grãos do tipo doce (Teixeira et al., 2019b) foi maior do que a estimativa máxima obtida entre dois acessos do tipo opaco/QPM. Por ambos serem grupos formados por milhos especiais e originários principalmente de programas de melhoramento, possivelmente esta ocorrência deve-se ao fato de existirem mais programas de melhoramento e mutantes empregados comercialmente no milho-doce do que de milho QPM.

Considerando a linha de corte em 90% da divergência máxima estimada, é possível estabelecer 5 grupos de acessos de acordo com a distância genética estimada. No grupo 1, foram incluídos os acessos CMS 452, CMS 457, CMS 450, CMS 456, CMS 451, CMS 458, CMS 460, CMS 469, CMS 461, Sintético Opaco 60 e CMS 459, que têm em comum a origem do programa de melhoramento do CIMMYT. Os acessos do grupo 1, em geral, levam mais de 60 dias para atingir o florescimento, apresentam alturas de planta e de espigas superiores a 250 cm e 120 cm, respectivamente. As espigas destes acessos apresentam boa qualidade e formato cilíndrico. Os grãos dos acessos deste grupo são, em sua maioria, brancos dos tipos dentado, semidentado ou semiduro com peso de 1.000 grãos acima de 350 g. No grupo 2 foram reunidos apenas três acessos: Azteca Opaco 270%, Doce Opaco e CMS 462, que são em sua maioria originários de programas de melhoramento diversos aos dos demais acessos. Eles acessos se caracterizam pelos grãos que são em geral amarelos e de outros tipos de endosperma, como doce e farináceo. O grupo 3 reuniu a maioria dos acessos, CMS 455, CMS 472, CMS 453, CMS 463, CMS 470, CMS 471, CMS 466, CMS 467, CMS 454, CMS 465, CMS 468, Dentado Composto Opaco e CMS 464, que são em sua maioria originários do programa de melhoramento do CIMMYT. Esses acessos apresentam, em geral, número de dias para florescimento inferior a 70 dias, baixas alturas de planta e de espigas, espigas curtas com diâmetro médio e com 14 ou 16 fileiras de grãos. Os grãos dos acessos do grupo 3 são em geral amarelos ou alaranjados, com endosperma dos tipos dentado, semidentado ou semiduros e peso de 1.000 grãos de cerca de 350 g. No grupo 4, estão os acessos Templado Amarillo QPM, 47 Dentado Opaco 2 e CMS 20, que são originários de programas de melhoramento. Esses acessos apresentam baixas alturas de planta e de espigas, espigas com 14 fileiras, maioria dos acessos classificados com o tipo que determina o grupo, ou seja, opaco e peso de 1.000 grãos, em geral abaixo de 350 g. Por fim, no grupo 5, estão os acessos Maya Dentado Opaco, 47 Opaco 2, Maya Opaco 2, 47 Duro Opaco 2, RR 015, SP 623 e SP 625, que têm em comum a origem coletada ou derivada de programas de melhoramento em que foram realizadas hibridizações com variedades melhoradas antigas, como

sugere a denominação dos acessos. Quanto às características morfológicas dos acessos deste grupo, destacam-se as espigas com notas de qualidade elevadas e a presença do formato de espigas cônico-cilíndrico. Os grãos são exclusivamente do tipo opaco, na maioria, amarelos e com peso médio de 1.000 inferior a 350 g.

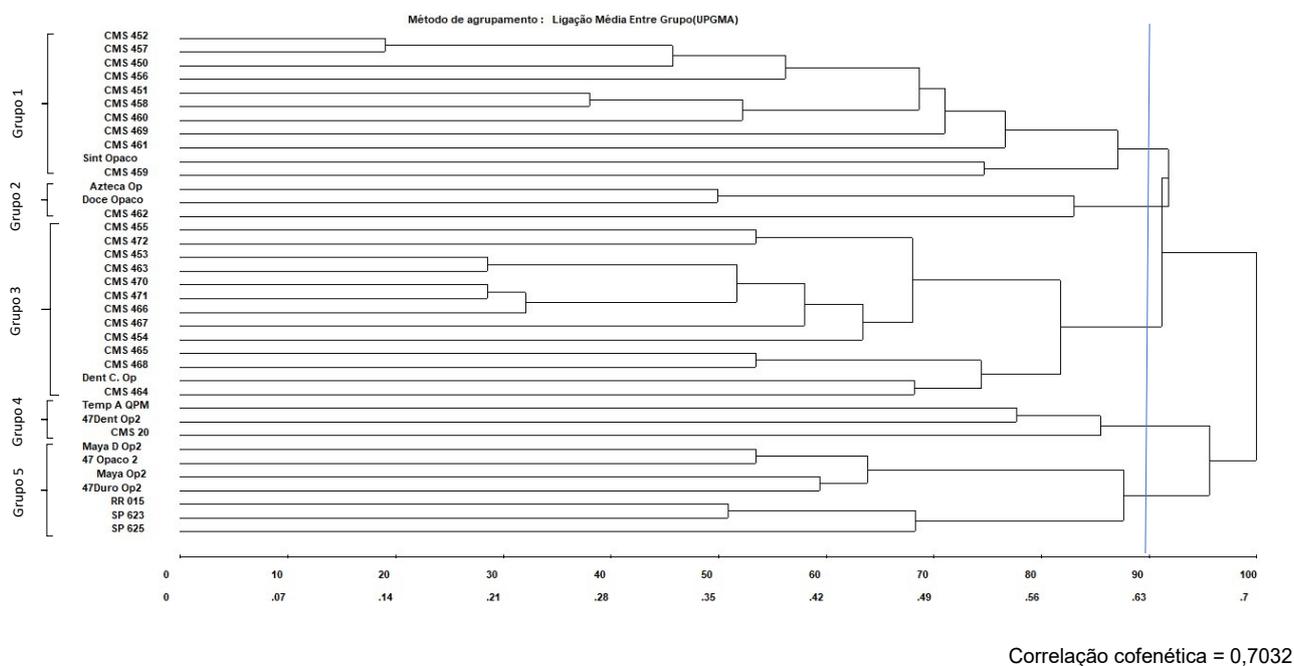


Figura 9. Dendrograma ilustrativo da divergência genética entre acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM.

Considerações Finais

O milho opaco/QPM é um milho especial com potencial para consumo humano, dada a proporção mais equilibrada de aminoácidos essenciais nos grãos em relação ao milho comum. Esforços já foram realizados para melhorar as cultivares de milho QPM a fim de aliar a vantagem nutricional a atributos de importância econômica e comercial. Entretanto, o uso de cultivares de milho QPM é baixo. O conhecimento de atributos de acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM é uma forma de ampliar a possibilidade de uso destes acessos no desenvolvimento de novas cultivares. A princípio, supunha-se que todos os acessos do BAG Milho indicados como opaco/QPM tinham seus grãos classificados como “opaco” nos dados de caracterização. Entretanto, deve ser considerado que o programa de melhoramento do CIMMYT desenvolveu materiais QPM a partir de populações com grãos de aparência vítrea, o que justifica a observação de que alguns acessos do BAG Milho apresentam nomenclatura de “QPM” ou “opaco”, porém seus grãos foram classificados em outros tipos. Deve ser considerado também que há dificuldades de classificar grãos como sendo opacos, e como consequência isso leva à suposição de que existem mais acessos com grãos do tipo opaco/QPM do que os identificados no presente estudo.

Há variabilidade genética entre acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM, entretanto essa variabilidade se mostrou em menor magnitude entre acessos de outros grupos do BAG, em especial em grupos que contêm acessos coletados. Ainda foi observado que os acessos do BAG Milho com grãos do tipo opaco/QPM apresentaram menor diversidade genética entre si do que os

grupos de acessos de milho-doce, que também é um milho especial com poucos representantes no BAG Milho. Em geral, os doces são derivados de programas de melhoramento, sendo assim, são um grupo para o qual há suposição de base genética estreita. Os acessos com grãos do tipo QPM/opaco no BAG Milho são populações possivelmente de base amplas como compostos formados por fontes divergentes. Assim, a variabilidade genética entre acessos pode ter sido mascarada pela grande variabilidade genética dentro das populações que correspondem aos acessos do BAG. Esses resultados levam à necessidade de novas avaliações voltadas a estimar a variabilidade dentro de acessos por meio do cruzamento destas populações com testadores, além de ampliar a base genética do milho opaco/QPM por meio de cruzamentos com cultivares adaptadas às condições de cultivo brasileiras e de outros tipos de grãos, ampliando dessa forma as possibilidades de sucesso com o melhoramento.

A despeito da necessidade de ampliar a diversidade genética dentro do grupo em estudo, acessos mais divergentes identificados no dendrograma (Figura 9) podem ser empregados em programas de pré-melhoramento, visando desenvolver populações heteróticas voltadas para o desenvolvimento de novas cultivares desse milho especial com maior valor nutricional.

Referências

ALELO: Sistema de Informação em Recursos Genéticos. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2013. Portal de serviços e gestão de dados. Disponível em: <http://alelo.cenargen.embrapa.br/AleloConsultas/Passaporte/busca.do>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CASTRO, M. V. L.; NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, J. P.; FROES, L. O. Rendimento industrial e composição química de milho de alta qualidade proteica em relação a híbridos comerciais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 233-242, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; BURIN, C. Consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão conforme medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 236-243, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300002>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n3/v45n3a02.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. v. 1, 175 p.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 620 p.

DESCRIPTORS for maize. Mexico: CYMMIT; Roma: International Board for Plant Genetic Resources, 1991.

GLÓRIA, E. C. S.; ALMEIDA, N. A. V.; COSTA, A. S. V.; HENRIQUES JÚNIOR, E.; MARTINS, S. L.; PAULA, H.; SILVA, M. E.; SANTOS, R. C.; MALAQUIAS, L. C. C. Avaliação proteica de uma nova multimistura com base no milho QPM BR 473. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 3, p. 379-385, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732004000300011>.

GUERRA, Y. L. **Análises agronômicas e sensoriais de cultivares de milho para produção de minimilho nas condições de zona da mata do estado de Pernambuco**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P.; PAES, M. C. D.; SANTOS, M. X.; GAMA, E. E. G.; MEIRELLES, W. F.; RIBEIRO, P. H. E.; MONTEIRO, M. A. R. **BR 473**: variedade de milho amarelo com qualidade proteica melhorada (QPM). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004a. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 105).

GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; PAES, M. C. D.; VASCONCELOS, M. J. V.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGNAVACA, R.; LOPES, M. A.; SANTOS, M. X.; GAMA, E. E. G.; MEIRELLES, W. F. **BR 451**: milho de alta qualidade proteica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004b. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 111).

NALIN, R. S.; MOURA, R.; GUEDES, F. L.; GOUSSAIN, R. C. S.; NALIN, R. S. Avaliação da variabilidade genética e correlações fenotípicas em caracteres do pendão e produção de grãos de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. **Variedade melhorada**: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2013. p. 1977-1980. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95798/1/aac-Avaliacao-de-variabilidade.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2019.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Perspectivas do pré-melhoramento do milho. In: UDRY, M. C.; DUARTE, W. **Uma história brasileira do milho**: o valor dos recursos genéticos. Brasília, DF: Paralelo 15, 2000. p. 43-63.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Quality protein maize**. Washington: National Academy Press, 1988. 100 p.

OLIVEIRA, J. P. O.; CHAVES, L. J.; DUARTE, J. B.; BRASIL, E. M.; FERREIRA JÚNIOR, L. T.; RIBEIRO, K. O. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade proteica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p. 45-51, 2004.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil. In: UDRY, M. C.; DUARTE, W. **Uma história brasileira do milho**: o valor dos recursos genéticos. Brasília, DF: Paralelo 15, 2000. p. 11-41.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: Objetivo 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/ods/2/>. Acesso em: 13 fev. 2021.

ROCHA, F. L.; MINIM, V. P. R.; LUCIA, F. D.; MINIM, L. A.; COIMBRA, J. S. R. Avaliação da influência dos milhos QPM nas características sensoriais de bolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 129-134, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200005>.

SANTOS-DONATO, P. R. **Estudo proteômico de variedades de milho (*Zea mays* L.) obtidas por melhoramento clássico e por recombinação genética**. 2016. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Evolução dos cultivares de milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção de milho**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 55-83.

SILVA, A. C.; MURADAS, R. F.; FERREIRA, E. G.; BRAGA, D. K.; OLIVEIRA, F. M.; COSTA, A. S. V. Efeito da adição dietética de milho de alta qualidade proteica em camundongos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 249-255, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732007000300003>.

TEIXEIRA, F. F.; ARAÚJO, G. dos R.; SILVA, T. R. da; COELHO, R. S. **Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com grãos brancos do tipo dentado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019a. 67 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 233).

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M. **Caracterização de recursos genéticos de milho**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 185).

TEIXEIRA, F. F.; GUIMARÃES, C. T.; PINTO, M. O.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, R. S.; ARAÚJO, G. R.; PONTELLO, I. O. **Catálogo de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com grãos do tipo doce**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019b. 66 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 241).

TEIXEIRA, F. F.; JESUS, L. N. de; BUENO, F. C. **Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com grãos brancos dos tipos duro, semiduro e semidentado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 79 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 252).

VASAL, S. K. The quality protein maize story. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 21, n. 4, p. 445-450, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1177/156482650002100420>.

VILLEGAS, E.; ORTEGA, E.; BAUER, R. **Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar localidad de proteína de los cereales**. México, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Mayz y Trigo, 1985. 34 p.

WANG, W.; NIU, S.; DAI, Y.; WANG, M.; LI, Y.; YANG, W.; ZHAO, D. The *Zea mays* mutants opaque2 and opaque 16 disclose sine change in waxy maize as revealed by NA-Seq. **Scientific Reports**, v. 9, article 12265, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48478-6>.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

