

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

RAÍZA CAVALCANTE FONSECA

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE
DE GRÃOS ASSOCIADOS AO COMPORTAMENTO
CULINÁRIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS**

Goiânia

2015



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás-UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações - BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor(a):	Raíza Cavalcante Fonseca		
CPF:	01768842116	E-mail:	Raiza.cavalcante@gmail.com
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não			
Vínculo Empregatício do autor	Não		
Agência de fomento:	Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior	Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	GO
CNPJ:	00889834/0001-08		
Título:	Determinação de parâmetros de qualidade de grãos associados ao comportamento culinário em arroz de terras altas		
Palavras-chave:	Oryza sativa L., propriedades do amido, qualidade culinária, gene Waxy.		
Título em outra língua:	Grains associated quality parameters for determining the behavior in culinary land rice high		
Palavras-chave em outra língua:	Oryza sativa L., starch properties, cooking quality, Waxy gene.		
Área de concentração:	Ciência e Tecnologia de Alimentos		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	29/09/2015		
Programa de Pós-Graduação:	Ciência e Tecnologia de Alimentos		
Orientador(a):	Priscila Zaczuk Bassinello		
CPF:	253.714.298.59	E-mail:	priscila.bassinello@embrapa.br
Co-orientador(a):	Tereza Cristina de Oliveira Borba		
CPF:	985.273.801.10	E-mail:	Tereza.borba@embrapa.br

3. Informações de acesso ao documento:

Liberção para disponibilização? ☒ total ☐ parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

☐ Capítulos. Especifique: _____

☐ Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Raíza Cavalcante Fonseca
Assinatura do(a) autor(a)

Data: 03 / 06 / 2016

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

RAÍZA CAVALCANTE FONSECA

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE
DE GRÃOS ASSOCIADOS AO COMPORTAMENTO
CULINÁRIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador(a): Dr^a Priscila Zaczuk Bassinello.

Co-Orientador(a): Dr^a Tereza Cristina de Oliveira Borba.

Co-Orientador: Marcio Caliari

Goiânia

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

CAVALCANTE FONSECA, RAÍZA
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE GRÃOS
ASSOCIADOS AO COMPORTAMENTO CULINÁRIO EM ARROZ DE
TERRAS ALTAS [manuscrito] / RAÍZA CAVALCANTE FONSECA. -
2015.
116 f.

Orientador: Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello; co-orientadora
Dra. Tereza Cristina de Oliveira Borba; co-orientador Dr. Marcio
Caliari.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

1. Oryza sativa L. 2. propriedades do amido. 3. qualidade culinária.
4. gene Waxy. I. Zaczuk Bassinello, Priscila, orient. II. Cristina de
Oliveira Borba, Tereza, co-orient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

RAÍZA CAVALCANTE FONSECA

"DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE GRÃOS
ASSOCIADOS AO COMPORTAMENTO CULINÁRIO EM ARROZ DE TERRAS
ALTAS".

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 29 de setembro de 2015, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. José Manoel Colombari Filho
Membro – Embrapa Arroz e Feijão

Prof. Dr. Claudio Brondani
Membro – Embrapa Arroz e Feijão

Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello
Presidente – Embrapa Arroz e Feijão

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que estiveram do meu lado nesta jornada, em especial, à Dr^a Priscila Zaczuk Bassinello, grande incentivadora.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com a ajuda e apoio de pessoas especiais, que estiveram ao meu lado, ajudando no que fosse possível, para que ao final, tudo desse certo. As palavras podem não expressar todo o sentimento de gratidão que devo a elas, em especial:

À minha querida orientadora da Embrapa, Doutora Priscila Zaczuk Bassinello pelos ensinamentos, por toda dedicação, confiança depositada e também pela paciência que teve comigo durante todo este tempo. Foi um privilégio trabalhar ao seu lado, contribuindo para minha formação profissional. Pelos momentos de alegrias e desespero que surgiram pelo caminho, e, sobretudo, pela amizade cultivada.

À minha co-orientadora da Embrapa, Doutora Tereza Cristina de Oliveira Borba, pelos ensinamentos na área de Biotecnologia, pelas palavras de incentivo e amizade.

Ao co-orientador Marcio Caliarí pelo apoio e incentivo durante o trabalho aqui realizado.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo apoio técnico e financeiro, disponibilidade de amostras, infraestrutura e todo o apoio necessário para que o trabalho pudesse ser desenvolvido.

À Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao grande pesquisador em Ciência dos Alimentos Doutor Dave Oomah (Canadá), pelo total apoio e parceria nas análises estatísticas.

Aos colegas do laboratório de Grãos e SubProdutos da Embrapa, Rosângela, Selma, Renilda, Edmar, Mauro e Suely e aos do laboratório de Biotecnologia, Paula, Gesimária e Luana pela ajuda na realização das análises, pelos ensinamentos e por todo o apoio dado para a realização deste trabalho.

As minhas amigas e confidentes da Embrapa, Patrícia, Lígia, Jordanna, Marina, Rayane, e Jennifer pela companhia, pelos momentos de descontração, pela troca de conhecimentos e pela amizade.

A aluna da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Ana Júlia, pelo auxílio durante as análises físico-químicas.

Ao Doutor Carlos Piler (Embrapa Agroindústria de Alimento) pelo curso de Tecnologia de Amido e parceria na análise de propriedades térmicas do amido.

A Doutora Professora Célia Maria Landi Franco (UNESP), pela parceria nas análises de cromatografia de troca iônica e propriedades térmicas e suas alunas Jaqueline e Marina pela condução e ajuda nas análises.

Ao Doutor George Von Borries (UnB), Doutor José Manoel Colombari Filho (Embrapa Arroz e Feijão) e Keyla Ribeiro (UFG) pela ajuda nas análises estatísticas.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Goiás, que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, que me ajudaram tanto, mesmo morando longe. Ao meu pai, Mareni, pelo apoio que sempre deu à realização do mestrado. A minha mãe, Alvina, pelas palavras de conforto nos momentos mais difíceis. Aos meus irmãos, Danilo e Júlia por todo o carinho e apoio me incentivando o tempo todo pra que fosse possível chegar ao final.

As minha amigas Juliana Coutinho, Haimê e Camila Souza que me ajudaram a passar pelos momentos difíceis durante essa caminhada, por sempre acreditarem em mim.

À Agência de fomento à pesquisa, CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores da banca examinadora, por reservarem um pouco do seu tempo na dedicação a este trabalho.

A Deus, arquiteto do universo por ter me abençoado sempre durante esta caminhada, me dando forças para seguir em frente.

E a todos os demais que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

"A vida é muito curta para ser pequena." (Disraeli)

RESUMO

Os fatores que controlam o comportamento culinário do arroz estão relacionados às características físico-químicas do grão. A informação dessas características é importante para a compreensão das modificações pelas quais passa o alimento durante o processo de cozimento. O objetivo deste trabalho foi compreender o comportamento culinário de genótipos de arroz de terras altas com diferentes teores de amilose por meio da caracterização dos parâmetros físicos, físico-químicos, genéticos e culinários da qualidade de grãos, bem como, associar esses fatores entre si de forma a apontar indicadores confiáveis. Foram analisados onze genótipos de plantio de terras altas provenientes da safra 2013 da Embrapa Arroz e Feijão quanto à qualidade física dos grãos (renda, rendimento, dimensão, porcentagem de gessados, grau de polimento), propriedades do grânulo de amido (morfologia dos grânulos de amido, poder de inchamento, teor de amilose aparente e absoluto, temperatura de gelatinização por dispersão alcalina, propriedades térmicas por calorimetria diferencial, propriedades de pasta, distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina) e qualidade culinária (textura: dureza e pegajosidade dos grãos cozidos (teste de cocção e instrumental) e do gel das pastas de arroz). Para a análise genômica, foram utilizados oito marcadores moleculares relacionados ao comportamento da qualidade culinária descritos na literatura internacional. Este estudo resultou em indicadores confiáveis e reprodutíveis da qualidade culinária para arroz de terras altas, para predizer o perfil de comportamento culinário foram apontados como principais: o teor de amilose, a temperatura de gelatinização, propriedades de pasta, propriedades de textura instrumental e sensorial dos grãos. Em relação à validação de marcadores para qualidade de grãos, conclui-se que a partir das informações derivadas da análise de associação foi possível a identificação de marcadores associados a atributos culinários e tecnológicos, assim como alelos favoráveis a estes. As considerações finais envolvidas neste estudo indicam que para diferentes etapas de programas de cruzamentos para o lançamento de cultivares no mercado são indicadas diferentes análises até o último ensaio que envolve o valor de cultivo e uso.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., propriedades do amido, qualidade culinária, gene Waxy.

GRAINS ASSOCIATED QUALITY PARAMETERS FOR DETERMINING THE BEHAVIOR IN CULINARY LAND RICE HIGH

ABSTRACT

The factors that control the rice cooking behavior are related to the physicochemical characteristics of the grain. The information of these traits is important to understanding the changes undergone by food during the cooking process. The objective of this work was to understand culinary behavior of upland rice genotypes with different levels of amylose through the characterization of physical, physicochemical, genetic and cooking quality of grain, as well as linking these factors to each other in order to point out reliable and reproducible indicators. We have analyzed eleven upland rice genotypes from the 2013 crop season at Embrapa Rice and Beans regarding the physical grain quality traits (head rice yield, grain size, percentage of chalk, milling degree), starch granule properties (morphology of the starch granules, swelling power, apparent amylose and absolute gelatinization temperature by alkaline dispersion, thermal properties by differential scanning calorimetry, pasting properties, the size distribution of amylopectin branched chains) and cooking quality (texture: hardness and stickiness of cooked grains (by cooking and instrumental tests) and of rice RVA gel). For genomic analysis, eight molecular markers associated to the cooking quality profile and described in the international literature were used. This study resulted in reliable and reproducible indicators of food quality for upland rice, to predict the culinary behavior profile were identified as key: the amylose content, gelatinization temperature, paste properties, instrumental texture properties and sensory of grains. In relation to validation markers for grain quality, it is concluded that the information derived from the analysis of association was possible to identify markers associated with cooking and technological attributes as well as to these favorable alleles. The final considerations involved in this study indicate that for different stages of breeding programs to launch on the market are cultivars of different analyzes displayed until the last assay which involves growing and use value.

Keywords: *Oryza sativa* L., starch properties, cooking quality, Waxy gene.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	Arroz.....	14
2.2	Sistema de cultivo em terras altas	17
2.3	Qualidade pós-colheita do arroz.....	19
2.3.1	Qualidade industrial	19
2.3.2	Qualidade culinária	20
2.4	Marcadores Moleculares relacionados com a qualidade culinária de arroz.....	25
3	OBJETIVOS	28
3.1	Geral	28
3.2	Específicos	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	Material	29
4.2	Determinação da temperatura de gelatinização por dispersão alcalina.....	32
4.3	Determinação do teor de amilose aparente (TAA).....	32
4.4	Determinação do teor de amilose absoluto por HPLC	33
4.5	Extração de amido de arroz	33
4.6	Propriedades Térmicas	34
4.7	Poder de inchamento	34
4.8	Distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina	35
4.9	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	35
4.10	Teste de Panela.....	36
4.11	Análise viscoamilográfica por RVA	37
4.12	Análise de textura instrumental.....	38
4.13	Análise estatística.....	38
4.14	Validação de marcadores para qualidade de grãos.....	39
4.14.1	Análise genômica	39
4.14.1.1	Extração do DNA	39
4.14.1.2	Marcador molecular	40
4.14.1.3	Análise de PCR	41
4.14.1.4	Análise de associação	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	Teor de amilose aparente e absoluto, propriedades físicas do grão	43
5.2	Estrutura granular e poder de inchamento do amido.....	47
5.3	Propriedades térmicas e de retrogradação	50
5.4	Propriedades de Pasta.....	53
5.5	Propriedades de textura	57
5.6	Distribuição do comprimento das cadeias ramificadas da amilopectina.....	63
5.7	Análise de correlação entre as diferentes propriedades.....	66
5.8	Validação de marcadores para qualidade de grãos.....	73
5.8.1	Otimização de reações PCR	73
5.8.2	Associação entre parâmetros fenotípicos e genotípicos.....	75
6	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICES	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura do grão de arroz	14
Figura 2. Representação da cadeia de amilose e amilopectina	15
Figura 3. Análise de temperatura de gelatinização das amostras, realizada com seis grãos	22
Figura 4. Genótipos contrastantes em relação ao teor de amilose pertencentes ao BAG Embrapa Arroz e Feijão.).	31
Figura 5. Exemplo de curva típica de empastamento obtida a partir da análise de perfil viscoamilográfico por RVA, representando os parâmetros comumente.	37
Figura 6. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos grânulos de amido de arroz de diferentes classes de amilose: N. 2583 (ceroso), Primavera (baixo TA) e Arroz da Terra (TA intermediária).	48
Figura 7. Curva do poder de inchamento (PI%) dos diferentes amidos de arroz submetidos a diferentes temperaturas.....	49
Figura 8. Distribuição dos comprimentos das cadeias ramificadas da amilopectina	64
Figura 9: Gráfico de calor para a matriz de correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas e de textura para onze genótipos de arroz de terras altas.	67
Figura 10: Análise de componentes principais das análises realizadas em onze genótipos de arroz de terras altas.	70
Figura 11: Gráfico de análise de componentes principais dos atributos físico-químicos e de textura aplicada a onze genótipos de arroz de terras altas.	71
Figura 12: Gráfico tridimensional de análise de componentes principais dos atributos físico-químicos e de textura aplicada a onze genótipos de arroz de terras altas.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido	16
Tabela 2. Informações sobre a identificação dos acessos de arroz do estudo	30
Tabela 3. Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz	32
Tabela 4. Classificação do arroz cozido com relação aos atributos de textura.....	36
Tabela 5. Referências e informações de marcadores moleculares descritos na literatura e associados a características físico-químicas e culinárias dos grãos de arroz.....	40
Tabela 6: Teor de Amilose Aparente (TAAp), Teor de Amilose Absoluto (TAAb), Renda do benefício (RB), Rendimento de Inteiros (RI), Área Gessada Total (AGT), Comprimento (C), Dimensão (D) e Grau de Polimento (GP) de arroz de terras altas ¹	44
Tabela 7: Médias dos tamanhos granulares de diferentes amidos de arroz medidos por meio da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) ¹	47
Tabela 8: Parâmetros de gelatinização e retrogradação dos onze genótipos de arroz de terras altas ¹	52
Tabela 9: Propriedades de pasta dos genótipos de arroz de terras altas ¹	54
Tabela 10: Propriedades de textura (sensorial e instrumental) do grão cozido e do gel do RVA de arroz de terras altas ¹	59
Tabela 11: Distribuição do comprimento das cadeias ramificadas da amilopectina para onze genótipos de arroz de terras altas ¹	65
Tabela 12: Frequências alélicas para os marcadores Wx, Wx10 e SBE3 de onze genótipos de plantio de terras altas.	74
Tabela 13: Associação do marcador RM190 aos caracteres relacionados a aspectos culinários e tecnológicos do arroz	76
Tabela 14: Associação dos marcadores Wx, Wx10 e SB3 aos caracteres relacionados a aspectos culinários e tecnológicos do arroz.....	78

1 INTRODUÇÃO

O arroz é o cereal mais importante do mundo como principal componente da dieta básica da população. Sua importância mundial não se remete apenas ao volume de produção, mas principalmente, por se constituir no principal alimento do homem, ao lado do trigo. A qualidade de grãos em arroz influencia o valor do produto no mercado, a aceitação do produto pelo consumidor e a adoção de novas cultivares (AGRIANUAL, 2011; FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009; CASTRO et al., 1999). Atributos como aparência física, propriedades físico-químicas e culinárias caracterizam o produto e direcionam decisões sobre as cultivares no mercado consumidor.

De maneira geral, a qualidade de grãos em arroz pode ser dividida em quatro aspectos: valor nutritivo, qualidade industrial, adequação do produto aos padrões de comercialização e qualidade culinária e sensorial. Os fatores que controlam a qualidade culinária do arroz estão relacionados às características físico-químicas do amido, uma vez que este compreende cerca de 90% do total de matéria seca no grão de arroz polido (BAO et al., 2004). O conhecimento dessas características é importante para o entendimento das modificações pelas quais passa o alimento durante o processo de cozimento (VIEIRA; RABELO, 2006).

O consumidor, cada vez mais exigente com relação às características do produto que adquire, torna real a demanda de um controle de qualidade rigoroso do produto, com foco nas preferências do mercado. A avaliação de características culinárias e sensoriais de cultivares de arroz é importante para definir sua qualidade. Mesmo após o levantamento das informações de qualidade, baseadas em avaliações diretas e/ou indiretas, todavia, ainda assim é necessária a realização do teste de panela, ou teste de cocção, para a obtenção de resultados mais confiáveis (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009).

A condução de vários métodos de análise é de fundamental importância para melhor caracterização e avaliação da qualidade de grãos em arroz, porém estes demandam tempo e custo elevados. Nesse sentido vem crescendo o uso de marcadores moleculares específicos que identificam regiões do DNA (ácido desoxirribonucleico) relacionadas aos diferentes parâmetros culinários, auxiliando na identificação das características culinárias. Assim sendo, consideram-se os marcadores como ferramentas no auxílio de análises mais rápidas e precisas nessa classificação, além de apresentarem ótimo custo benefício (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009).

Este trabalho objetivou caracterizar genótipos de arroz de terras altas com diferentes teores de amilose, quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos, genéticos e culinários disponíveis para determinação da qualidade de grãos, associando esses fatores entre si, e identificando os marcadores físico-químicos e/ou moleculares que possam ser utilizados para inferir com mais rapidez a qualidade culinária do arroz.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ARROZ

O arroz é um dos cereais mais importantes no mundo, considerando aspectos sociais, econômicos e culturais. Uma pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz que avaliou a relação custo/benefício como fator de escolha de fontes alimentares, revelou que o arroz e seus derivados apresentam um excelente desempenho por este ser um alimento disponível em todo o território brasileiro, fazendo parte da cultura alimentar, tendo grande aceitabilidade e custo acessível (IRGA, 2008). O Brasil é o maior produtor fora da Ásia, produzindo na safra de 2013/2014 aproximadamente 12,5 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2014).

O arroz (*Oryza sativa*) é uma angiosperma monocotiledônea pertencente à família *Poaceae* (BOTTINI, 2008). O arroz é praticamente todo comercializado no estado natural, passando apenas por um processo de beneficiamento para perder a casca e/ou farelo.

Segundo Vieira e Rabelo (2006), botanicamente, o arroz é o fruto-semente das gramíneas, conhecido como cariopse ou grão, cujo tegumento ou testa, que envolve a semente, encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto. No caso do arroz, toda essa estrutura encontra-se envolvida pelas glumas, lema e pálea, que constituem a casca, e são removidas durante o beneficiamento do produto para consumo (Figura 1).

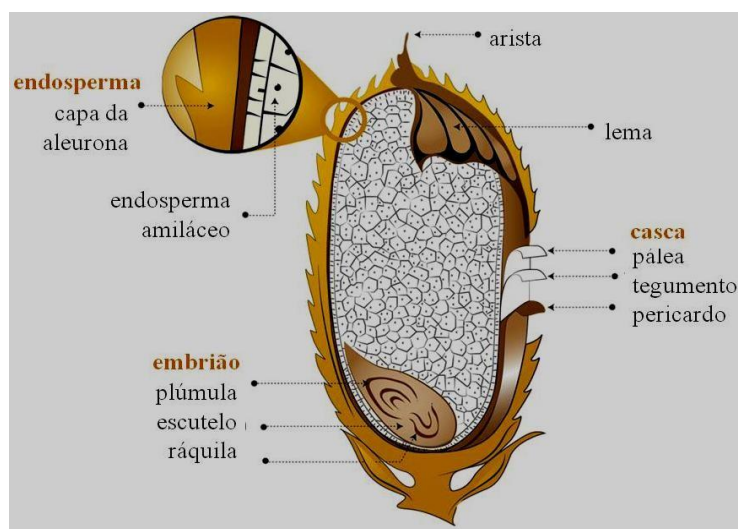


Figura 1. Estrutura do grão de arroz. Fonte: BERNAS, 2015 (Disponível em: <http://www.bernas.com.my/index.php/rice-anatomy>).

Em relação às principais formas de consumo de arroz no Brasil, destacam-se os grãos inteiros. O arroz é classificado em três tipos de produtos: arroz beneficiado polido, parboilizado e integral. O primeiro é a forma predominante consumida pela grande parte da população brasileira e é obtido através do descasque e do polimento do grão integral. Já o parboilizado caracteriza-se como o grão que, ainda em casca, foi submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização parcial do amido, sendo posteriormente seco, descascado e polido. O arroz integral refere-se àquele do qual somente a casca é retirada durante o processo de beneficiamento (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009).

A maioria dos grãos de arroz polido é consumida diretamente após cozimento, mas uma parte significativa tem sido usada industrialmente na produção de farinha de arroz, a qual por ser rica em amido, ganha cada vez mais interesse industrial e comercial (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004). Os carboidratos presentes no grão de arroz correspondem a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, estando presente principalmente no endosperma (BAO et al., 2004). O amido é um polissacarídeo constituído por duas formas poliméricas de glicose: amilose, que é essencialmente linear, com ligações α (1-4) e a amilopectina, uma molécula altamente ramificada, composta por unidades de glicose ligadas em α -1,4 e α -1,6, sendo esta última a responsável pela ramificação da molécula (Figura 2). A amilopectina é a maior fração no amido de arroz e a proporção amilose: amilopectina é um fator determinante na qualidade de cozimento do arroz (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009; JULIANO, 1993).

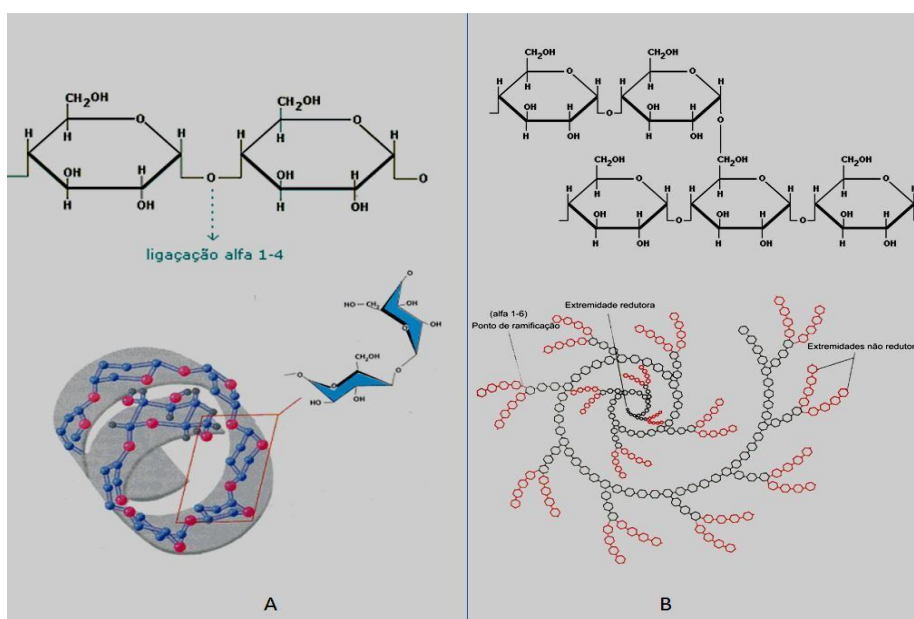


Figura 2. Representação da cadeia de Amilose (A) e Amilopectina (B). Fonte: Pascoal, 2015 (Disponível em: https://pos.icb.ufg.br/up/101/o/Tese_Aline_Mendon%C3%A7a_Pascoal.pdf).

As características especiais do amido de arroz, como o pequeno tamanho dos grânulos e sua ampla faixa de teor de amilose, ampliam as oportunidades de desenvolvimento de mercado, como ingredientes para sobremesas, produtos de panificação, fórmulas infantis e outros produtos similares devido às suas propriedades nutricionais, sua hipoalergenicidade, ausência de glúten, sabor agradável e não interferência na cor do produto final (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009; ZAVAREZE, et al., 2009; NAVES, 2007; NABESHIMA; EL-DASH, 2004; SHIH; DAIGLE, 2000).

O arroz é constituído também por quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e minerais. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças devido a variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento (ZHOU et al., 2002), produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto amido, originando as diferenças na composição deste cereal (Tabela 1) (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Tabela 1. Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.

Componente	Integral	Branco Polido	Parboilizado Polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteína (N x 5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídeos	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,30	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15

Fonte: WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008.

Nota: O conteúdo de proteína é determinado através do seu conteúdo em nitrogênio (N). Para o arroz, o fator para converter nitrogênio em proteína é 100/16,8 ou 5,95.

O teor de proteína no grão de arroz apresenta valores que oscilam de 5% a 13%, com uma média de aproximadamente 7%. Estes valores dependem principalmente das características genótípicas, adubação nitrogenada e temperatura ambiental durante o desenvolvimento do grão (EMBRAPA, 2013; KENNEDY; BURLINGAME, 2003), havendo redução do teor deste componente à medida que são retiradas as camadas superficiais do grão, pois o teor de proteínas diminui progressivamente da periferia para o interior da cariopse (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; GOMES; MAGALHÃES, 2004; JULIANO; BECHTEL, 1985).

Juntamente com o feijão, o arroz tem um papel preponderante na alimentação básica da população brasileira. Estes dois alimentos complementam-se no que se refere aos

aminoácidos essenciais. A proteína do feijão é rica em lisina, mas deficiente em metionina; ao passo que o arroz, embora pobre em lisina, é boa fonte de metionina (PINHEIRO; FERREIRA, 2003; CASTRO et al., 1999).

Lipídeos são os componentes minoritários (menor que 1% no grão polido), no entanto, o grão integral pode conter até 3%, pois cerca de 80% dos lipídios do grão se encontram em suas camadas periféricas. Apesar dos baixos teores de lipídios no arroz, estes são ricos em ácidos graxos insaturados que possuem importância nos processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; NAVES; BASSINELLO, 2006; ZHOU et al., 2003).

A maioria das fibras do grão de arroz é perdida no processo de polimento. Estas correspondem aos polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal, como celulose, hemiceluloses, amido resistente e pectinas, os quais fazem parte da fração fibra alimentar, que pode ser dividida em solúvel e insolúvel. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O teor mineral também varia nas diferentes frações do grão de arroz, apresentando maior concentração nas camadas externas. No arroz integral, destacam-se o fósforo, potássio e magnésio. O ferro e o zinco estão disponíveis em baixas concentrações no grão de arroz, apresentando destaque pelo papel relevante que desempenham na nutrição e saúde dos indivíduos (NAVES; BASSINELLO, 2006; JULIANO; BECHTEL, 1985). As vitaminas estão mais concentradas nas camadas periféricas do grão, incluindo o germe, portanto existem diferenças consideráveis em seus teores no arroz integral em relação ao polido. No arroz integral podem ser encontradas as vitaminas tiamina (B1), a riboflavina (B2) e niacina (NAVES; BASSINELLO, 2006; JULIANO, 1993).

2.2 SISTEMA DE CULTIVO EM TERRAS ALTAS

São adotados, basicamente, dois sistemas de cultivo de arroz no Brasil, o de várzea por inundação (irrigado) e o de terras altas (sequeiro) com ou sem irrigação suplementar (PINHEIRO, 2008). O cultivo de arroz irrigado tem destaque na região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, ocupando cerca de 39% da área cultivada com arroz e representando mais de 60% da produção nacional (EMBRAPA, 2013; FERREIRA et al., 2005). O arroz de terras altas é o mais representativo em número de estados em que é

cultivado, compreendendo a região do cerrado brasileiro, nos estados de Goiás, Mato Grosso, partes do Maranhão e o Pará. Porém, apesar de apresentar volume de produção inferior ao do arroz irrigado, os avanços tecnológicos em manejo e potencial genético do arroz de terras altas permitiram a diminuição da diferença entre as produtividades (COLOMBARI FILHO et al. 2013; MORAIS JÚNIOR, 2013; BRESEGHELLO, 2011;).

O padrão de grão do arroz de terras altas era referência de qualidade até meados da década de 70, e tinha os melhores preços no mercado brasileiro, comparativamente ao arroz produzido em várzeas, no sul do país (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 2006; CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Com a introdução de cultivares norte-americanas a partir de meados da década de 80, houve o aumento do interesse pelo arroz longo fino (agulhinha), produzido em várzeas com irrigação por inundação controlada, em detrimento do arroz de terras altas (SOUZA et al., 2007). Este fato implicou na desvalorização de mercado, e consequentemente, na redução da área plantada para esse tipo de cultivo, gerando desestímulo nos agricultores (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003).

A busca de conhecimento da pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia para a região do Cerrado foram necessários para a competitividade no mercado brasileiro. Como resultado, avanços consideráveis foram alcançados, dentre os quais, o zoneamento agroclimático e a alteração do tipo de planta e da aparência do grão das cultivares (agulhinha), buscando a aceitação pelo mercado e melhor adaptação ao ambiente de cultivo (UTUMI, 2008; BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 2006; PINHEIRO; FERREIRA, 2003). A partir da safra 1996/97, com o lançamento de cultivares com grão agulhinha, recomendadas para plantio em terras altas, a situação sofreu mudanças e vários foram os exemplos de orizicultores que produziram arroz em terras altas com qualidade e custos competitivos (MORAIS et al., 2006; BRESEGHELLO et al., 2011; CASTRO et al., 1999;).

Sob esse novo aspecto da cultura do arroz, foram lançadas inicialmente em 1996 as primeiras cultivares de arroz do tipo longo fino para plantio em terras altas entre elas: BRS Maravilha, BRS Primavera, BRS Canastra, BRS Carisma e BRS Confiança. Essas novas cultivares, aptas ao sistema de cultivo com uso de irrigação complementar, elevaram o potencial produtivo médio da cultura do arroz (PINHEIRO, 2006). Com o uso de lavouras otimizadas, o potencial de produção tem crescido, não sendo raros os exemplos de parcelas experimentais com produtividade acima de 8,0 toneladas por hectare. Esses novos índices permitiram maior rentabilidade para o produtor e o desenvolvimento crescente de novas cultivares (EMBRAPA, 2013).

2.3 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO ARROZ

Os aspectos ligados à qualidade de grãos em arroz são mais amplos e complexos que aqueles considerados em outros cereais. No mercado brasileiro, é um dos principais produtos consumidos, constituindo-se uma das fontes de energia básica (SANTOS, 2012). O trigo e o milho normalmente são transformados em outros produtos antes do consumo. Já o arroz é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, descascados e polidos. Para o arroz, além de aspectos determinantes da qualidade de consumo, como a aparência do produto após cozimento, o odor, a consistência e o sabor, são também considerados aspectos relacionados à aparência dos grãos antes do cozimento. A qualidade de grãos de uma cultivar de arroz depende da perfeita interação entre os vários elos da cadeia produtiva da cultura, dentre os quais se destacam o pesquisador, o produtor, o industrial e o consumidor (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004; SECTOR, 2003; CASTRO et al., 1999).

2.3.1 Qualidade industrial

De acordo com Vieira e Rabelo (2006) e Kim et al. (2000), a aparência dos grãos é uma característica importante para a comercialização. O rendimento satisfatório de grãos inteiros, translúcidos e de dimensões homogêneas são os parâmetros mais procurados pela indústria arroseira e pelos consumidores.

Segundo Cazetta et al. (2006), a qualidade industrial dos grãos de arroz reflete diretamente o valor do produto no mercado brasileiro. No entanto essa definição de qualidade depende de fatores relacionados à finalidade do consumo, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento pós-colheita, entre outros. Já os fatores que podem influenciar na valorização de mercado envolvem os rendimentos de grãos inteiros, opacidade e tamanho dos grãos, com todos esses podendo ser influenciados pelo sistema de cultivo, manejo da cultura e pelas cultivares.

O rendimento de engenho ou renda do benefício é definido pelo percentual de arroz descascado e polido, considerando-se grãos inteiros e quebrados juntos. Já o rendimento de grãos inteiros, usado como referência para valorização comercial do arroz, é definido como a quantidade de grãos inteiros e de grãos quebrados, separadamente, obtidos após beneficiamento, sendo apresentado em porcentagem em relação ao arroz com casca. O grão inteiro é considerado aquele que foi descascado e polido que, mesmo quebrado, apresenta

comprimento igual ou superior a três quartos do comprimento mínimo da classe a que pertence (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009; VIEIRA; CARVALHO, 1999).

A opacidade dos grãos é denominada gessamento, que ocorre internamente no endosperma. São considerados gessados os grãos com 100% do endosperma opaco, depreciando o valor comercial do produto (BRASIL, 2009). A opacidade que se verifica nos grãos ocorre pelo arranjo entre os grânulos de amido e proteína, e se desenvolve sob condições adversas de clima e cultivo (EMBRAPA, 2013; FERREIRA et al., 2005).

As classes comerciais baseiam-se nas dimensões dos grãos inteiros, após o descasque e o polimento. As divisões longo e fino, longo, médio e curto devem possuir uma representação de pelo menos, 80% do peso total comercializado, já a classe de arroz misturado é aquela que possui mistura de duas ou mais classes. São considerados grãos longos e finos, aqueles medindo comprimento igual ou superior a 6,00 mm; espessura de 1,9 mm, no máximo; relação comprimento/largura superior a 2,75 mm. Já os grãos longos são os que apresentam comprimento igual ou superior a 6,00 mm; médios os que têm comprimento entre 5,00 mm e até menos de 6,00 mm e aqueles considerados curtos, com comprimento inferior a 5 mm (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009). Todo arroz destinado à comercialização de acordo com a quantidade de defeitos e de grãos quebrados é enquadrado em tipos, expressos numericamente. O arroz Tipo 1 é o que apresenta menor percentual de defeitos, enquanto o Tipo 5 apresenta maior percentual (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009; CASTRO et al., 1999).

A legislação brasileira prevê como exigência de comercialização, uma renda de 68% para o rendimento de benefício, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de quebrados (grãos com comprimento inferior a três quartos do comprimento mínimo da classe que pertence) e quirera (a menor fração do arroz). Alguns fatores como tipo de cultivar, métodos de colheita e secagem de grãos, condições climáticas após floração e adubação interferem na proporção de grãos quebrados, prejudicando, assim o rendimento dos orizicultores (BRASIL, 2009; VIEIRA; CARVALHO, 1999).

2.3.2 Qualidade culinária

A qualidade do arroz esteve sempre associada a diversos fatores dentre eles: aparência dos grãos, rendimento industrial e qualidade culinária (ANACLETO et al., 2015; ZHOU et al., 2002). As características relacionadas à qualidade culinária do arroz estão ligadas principalmente ao perfil físico-químico do amido, no qual compreende as transformações que

ocorrem durante o cozimento e resfriamento dos grãos (KONG et al., 2015; BAO et al., 2007, ZHOU et al., 2002).

O consumidor brasileiro possui preferência por grãos longos e finos (agulhinha), com aspectos translúcidos, polidos e livres de matérias estranhas. Em relação às propriedades culinárias, as quais se referem principalmente as características de textura dos grãos de arroz, o consumidor brasileiro espera um cozimento rápido, que os grãos expandam bem em volume e se apresentem soltos, enxutos e macios, após cozimento, e também depois de resfriados e reaquecidos (EMBRAPA, 2013; FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009).

O conteúdo de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz (YU; MA; SUN, 2009; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Características culinárias, como a textura, capacidade de absorção de água, viscosidade e expansão de volume são afetadas pelo teor de amilose (ANACLETO et al., 2015; YU; MA; SUN, 2009;). Quanto maior o teor de amilose, mais secos e soltos serão os grãos, podendo se tornar endurecidos após o resfriamento. Já quando se considera menores teor de amilose, os grãos são macios, aquosos e pegajosos no cozimento (BAO et al., 2007).

Com relação ao teor de amilose (TA), os grãos são classificados segundo Juliano (2003) em: ceroso (0 - 4%); muito baixo (5 - 12%); baixo (12 - 20%); intermediário (20 - 25%); alto (25 - 33%). Nas cultivares glutinosas (cerosas), cujos grãos apresentam endosperma opaco e, quando cozidos, apresentam-se úmidos, pegajosos, e com uma massa pastosa, o amido é quase totalmente formado por amilopectina (VIEIRA; RABELO, 2006). O teor de amilose também está relacionado com fatores genéticos, por exemplo, a subespécie *indica* tende a apresentar maior teor de amilose que a subespécie *japônica* (FERREIRA et al., 2005).

Além do teor de amilose, a temperatura de gelatinização (TG) é outra característica utilizada como medida indireta da qualidade do arroz. TG refere-se à temperatura de cozimento necessária para a água ser absorvida e os grânulos de amido aumentarem irreversivelmente de tamanho, com simultânea perda de cristalinidade (EMBRAPA, 2013; VIEIRA; RABELO, 2006). Grãos contendo amido com alta TG iniciam a absorção e a dissolução em água sob altas temperaturas e requerem mais água e maior tempo de cocção que aqueles com baixa TG (ZHOU et. al, 2003). Com alta TG é mais fácil ocorrerem problemas de cocção, principalmente àqueles relacionados com o centro do grão mal cozido (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Já em grãos com TG baixa e/ou intermediária, os grãos são cozidos por completo, utilizando menor quantidade de água em um menor tempo de

cocção. A gelatinização é afetada por diversos fatores incluindo o teor de água do gel, conteúdo de amilose, grau de cristalinidade na fração da amilopectina (ZHOU et. al, 2003).

A temperatura de gelatinização é comumente estimada de forma indireta, pela medida do grau de dispersão e clarificação dos grãos de arroz em solução alcalina (ASV – *Valor de Dispersão Alcalina*) (VIEIRA; RABELO, 2006). É um teste que depende de pessoas treinadas, pois se trata de uma análise visual, em que se avalia a resistência do grão à cocção (FERREIRA et al., 2005). A TG do arroz é classificada como baixa (55 - 69,5°C), intermediária (70 - 74°C) ou alta (74,5 - 80°C) (JULIANO, 2003). O ASV é geralmente considerado como sendo inversamente proporcional à temperatura de gelatinização (WANG et al., 1995). Valores de ASV entre 1 e 2 são indicadores de alta TG; 3, alta intermediário; 4 a 5, intermediário; e 6 a 7, baixa TG (Figura 3) (JULIANO; KAORSA-ARD, 1991).

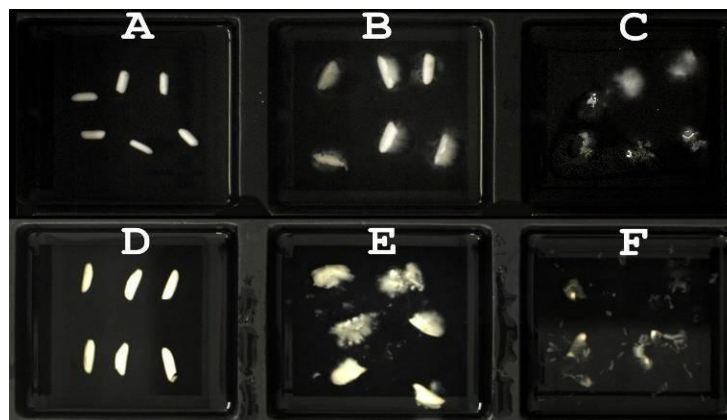


Figura 3. Análise de temperatura de gelatinização das amostras, realizada com seis grãos (conforme metodologia original de Martínéz e Cuevas, 1989). Padrão visual: Colômbia 1 - TG alta (A e D); Bluebonnet 50 - TG intermediária (B e E); IR 8 - TG baixa (C e F).

Tanto o conteúdo de amilose como a temperatura de gelatinização são testes indiretos de indicadores de qualidade culinária (BAO; CORKE, SUN, 2006). Entretanto, essas análises são insuficientes para caracterização precisa e detalhada das propriedades de qualidade do grão de arroz (SUWANNAPORN; PITIPHUNPONG; CHAMPANGERN, 2007). Outros estudos, envolvendo fatores físico-químicos e também sensoriais, buscam explicar porque arroz com similares conteúdos de amilose podem apresentar diferentes propriedades de cocção (KONG et al., 2014; BAO, 2012; CHAMPAGNE et al., 2004; ONG; BLANSHARD, 1995).

Assim sendo, a análise da qualidade de grãos baseia-se no resultado de não somente um, mas de uma série de testes específicos, diretos ou indiretos, que em conjunto, servem

como indicadores da qualidade de uma determinada cultivar ou linhagem que está sendo desenvolvida. A escolha do tipo de análise a ser adotada irá depender fundamentalmente da infraestrutura disponível e dos objetivos do programa de melhoramento genético (VIEIRA; RABELO, 2006).

Os dois principais processos a que são submetidos os grânulos de amido durante o aquecimento e resfriamento são a gelatinização, definida como a ruptura da ordem molecular dentro dos grânulos de amido, ocorrendo a expansão dos grânulos e a lixiviação da amilose, e a retrogradação, na qual após o resfriamento do gel, as cadeias de amilose apresentam forte tendência a se reassociarem, formando uma nova estrutura ordenada (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009; JULIANO, 2003).

Métodos instrumentais são ferramentas mais refinadas importantes para traçar o comportamento culinário do arroz em relação à gelatinização e retrogradação do amido de arroz (TAN; CORKE, 2002). O estudo das propriedades térmicas por meio da calorimetria diferencial de varredura (DSC) mostra-se como um teste direto mais sofisticado que o de determinação da TG por dispersão alcalina, permitindo a verificação e monitoramento das propriedades térmicas e transições de fase dos amidos (ZHONG; SUN, 2005; JI; SEETHARAMAN; WHITE, 2004). O DSC reflete a facilidade ou dificuldade de cozimento do arroz, sendo influenciado pela arquitetura molecular da região cristalina do amido e representa a cristalinidade geral, a qual é relacionada com a distribuição do comprimento de cadeia da amilopectina (WANI et al., 2012). Essa análise fornece as temperaturas de início (T_o), de pico (T_p) e conclusão (T_c) de gelatinização e retrogradação, como também as entalpias características da transição (ΔH) (BAO; CORKE; SUN, 2006; BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006; ZOBEL; STEPHEN, 2006).

Para se observar as mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido, são utilizados equipamentos como viscoamilógrafo Bradender e mais usualmente, o Analisador Rápido de Viscosidade (RVA) (ROSELL; MARCO, 2008; ALLAHGHOLIPOUR et al., 2006; THOMAS; ATWELL, 1999). A análise das propriedades de pasta determinadas por RVA permite o entendimento das propriedades de empastamento com alta precisão, sensibilidade e rapidez. Além disto, utiliza pequenas quantidades de amostras, as quais são suficientes para se produzir um perfil viscoamilográfico. É possível monitorar as mudanças da pasta de arroz sob variação de temperatura e tempo, fornecendo informações a respeito das propriedades de cocção, relacionando-as com aspectos de textura e coesividade do arroz cozido (LIMPISUT; JINDAL, 2002). O procedimento de análise se baseia no aquecimento e agitação constante da pasta de arroz, com a viscosidade medida

como a resistência da pasta ao monitoramento rotativo de uma pá. À medida que a temperatura da pasta aumenta os grânulos de amido absorvem água e incham, e a viscosidade aumenta até atingir a temperatura de 95°C, quando se obtém a viscosidade máxima (pico), ocorrendo o rompimento da estrutura do amido com o resfriamento posterior. A velocidade para que esses fenômenos ocorram depende do tipo ou composição do amido, ou seja, dependendo da estrutura esta poderá conferir maior ou menor resistência às condições da análise (FITZGERALD; McCOUCH; HALL, 2009; CHENG et al., 2004)

Para se atender a necessidade do consumidor faz-se necessário o conhecimento das semelhanças e diferenças na textura das cultivares de arroz cozido, as quais podem ser medidas por testes sensoriais e instrumentais (ANACLETO et al., 2015; CHAMPAGNE et al., 2004). A avaliação subjetiva do comportamento das cultivares de arroz, com relação à pegajosidade, dureza e rendimento após a cocção, é obtida a partir do teste de panela ou teste de cocção. Nestes testes, um grupo de pessoas treinadas avalia o arroz após preparação culinária semelhante àquela conduzida em domicílio. Essa análise avalia diretamente a qualidade culinária do arroz, entretanto demanda uma quantidade relativamente grande de amostra, de tempo e um grande número de pessoas para avaliação sensorial, tornando-se pouco prático e caro, especialmente quando o número de linhagens a serem avaliadas é grande (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2002).

Embora se reconheça que os testes sensoriais tenham um papel fundamental na qualidade dos alimentos, hoje é amplamente difundida a análise de textura instrumental, a qual elimina os aspectos subjetivos que são típicos da análise sensorial humana, constituindo-se uma ferramenta valiosa no fornecimento de dados precisos, reproduzíveis e quantitativos sobre as propriedades físicas dos alimentos (CHENG et al., 2004; SZCZESNIAK, 2002).

As propriedades de textura instrumental estão intimamente relacionadas à deformação, desintegração e ao fluxo do alimento e são objetivamente medidas pelas funções: tempo, força, massa e distância (SZCZESNIAK, 2002). Tem-se observado grande interesse no desenvolvimento e emprego desses testes mecânicos que simulem a avaliação sensorial de textura, merecendo destaque o Perfil de Textura Instrumental (TPA), aplicado com eficiência para uma gama de alimentos (LOBATO; BENASSI; GROSSMANN, 2012). A medida da textura instrumental dos grãos cozidos em texturômetro traz a vantagem de ser um método eficaz, rápido e que demanda pouca amostra, sendo possível diferenciar os materiais quanto à dureza e pegajosidade. Além disto, a sensibilidade do método é capaz de refinar o comportamento culinário, diferentemente daquele previsto somente com base no teor de amilose (LOBATO; BENASSI; GROSSMANN, 2012). Além dos grãos cozidos avaliados

pela textura instrumental, as características de dureza, coesividade e elasticidade podem refletir no desempenho de géis de farinha de arroz. A compressão, resistência, rigidez e elasticidade, realizada pelo pressionamento do gel resultante do final da análise de RVA, auxiliam também a aprofundar o conhecimento das propriedades sensoriais do arroz (CHENG et al., 2004).

Como notado, a amilose não é capaz, isoladamente, de descrever todo o comportamento culinário do arroz, sendo necessárias outras ferramentas que procurem refinar e compreender o perfil culinário de cultivares de arroz. O uso de perfis cromatográficos, por meio da cromatografia de exclusão de tamanho, revela a distribuição do comprimento das cadeias de amido. Os perfis cromatográficos sobre as estruturas das cadeias de amilopectina, obtidos em cromatografia de troca iônica, tentam explicar como essas ramificações afetam a funcionalidade do arroz (BAO; SUN; CORKE, 2007; NAKAMURA et al., 2002). Alguns autores como Garcia et al., (2011); Singh, Dartois e Kaur, (2010) e Champagne et al., (1999) estudaram que a entalpia das propriedades térmicas e a textura do arroz são influenciadas pela distribuição do comprimento de cadeia da amilopectina. As cadeias curtas estão associadas à textura macia, enquanto as cadeias longas estão relacionadas à textura mais firme. Indica-se também a utilização da microscopia eletrônica de varredura para observação de tamanho e concentração dos grânulos de amido para diferentes teores de amilose, além de propriedades funcionais de poder de inchamento do amido, ambos auxiliando a desvendar o perfil de comportamento do amido de arroz (DIAS et al., 2010; WEBBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

2.4 MARCADORES MOLECULARES RELACIONADOS COM A QUALIDADE CULINÁRIA DE ARROZ

Marcadores moleculares são fenótipos moleculares oriundos de um gene expresso ou de um segmento específico de DNA, e cuja ausência ou presença, assim como suas respectivas variações, podem caracterizar um organismo (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

Trata-se de uma tecnologia que objetiva fornecer um conhecimento do genoma, auxiliando nas decisões de programas de melhoramento de forma a identificar e auxiliar a incorporação de características desejadas em cultivares ou populações, em diferentes etapas

do processo, utilizando-se meios clássicos de recombinação no caso de espécies vegetais (FALEIRO, 2007; ARAÚJO; SOUZA; FERNANDES, 2003).

Na ocorrência de caracteres relacionados à qualidade de grãos, os programas de melhoramento utilizam-se de análises físicas e físico-químicas para a tomada de decisões. Como estas, em geral, são dispendiosas, demoradas e demandam relativo volume de amostra, além de serem avaliadas somente ao fim de cada ano agrícola, os marcadores moleculares poderiam auxiliar na seleção indireta desses caracteres por meio da SAM (Seleção Assistida por Marcadores) (LESTARI et al. 2009). O arroz é composto por maior parte de amido, formado por amilose e amilopectina, sendo essas frações sintetizadas sob ação coordenada de uma grande variedade de enzimas.

Um fator chave na determinação do TA do arroz é o gene *Wx* (*Waxy*), envolvido na síntese da amilose, no loco do amido sintase ligado ao grânulo (GBSS- Granule Bound Starch Synthase) enquanto na síntese da amilopectina participam enzimas de ramificação de amido sintase SBE (Starch Branching Enzyme) (BAO, 2012; MARINI, 2012; NELSON; PAN 1995). Genes podem contribuir para a variação do amido alterando as propriedades físico-químicas e culinárias por afetarem a quantidade e estrutura de amilose e amilopectina em grão de arroz. O gene *Waxy* (*Wx*) codifica a sintase do amido GBSS responsável pela síntese de amilose do arroz. Algumas pesquisas mostram que uma sequência de microssatélite polimórfico estreitamente ligado ao gene *Wx* foram relatados (BAO, CORKE e SUN (2006); TRAN et al., 2011; CHEN et al., 2008; HAN et al., 2004; AYRES et al. ,1997).

Bao et al. (2006) desenvolveram um painel de 499 acessos não cerosos com o marcador RM190, identificando 10 alelos que juntos representaram quase 90% da variação de teor de amilose. Chen et al. (2008) também evidenciaram a eficiência desse marcador estudando uma população segregante de 171 variedades de arroz de 43 países em dois anos de plantio, comprovando a associação do gene *Waxy* com o TA e o efeito do meio ambiente em uma coleção de germoplasma internacional de arroz, no qual 75,6% da variação foram explicadas pelo RM190. Esse marcador é caracterizado pela ampla associação para diferentes sistemas de plantio e diversidade de genótipos, o qual faz parte da rota metabólica da síntese do amido envolvido na expressão do GBSS que em grande parte é responsável pelo TA em grãos de arroz (BORBA et al. 2010, BERGMAN et al. 2001; AYRES et al. 1997).

Outro marcador que vem apresentando resultados satisfatórios ligados ao gene *Waxy* é o *Wx*, no qual explicou 82,9% da variação entre o teor de amilose para 89 cultivares não glutinosos em uma vasta gama de cruzamentos entre progenitores estudados por Ayres et al. (1997). Outras pesquisas sugerem que o *Wx* também esteja envolvido na caracterização das

propriedades da pasta do amido, relatando associação com cerca de 63,7% na quebra de viscosidade da pasta medida no RVA (HAN et al., 2004; BAO et al., 2000).

TRAN et al. (2011) investigaram a forte associação entre a consistência do gel e a proporção de amilose lixiviada com o marcador Wx10 ligado ao gene *Waxy* no exon 10, levando a conclusão de que a mutação no exon 10 afeta a proporção de amilose capaz de lixiviar e essas diferenças alteram a composição do gel. Wang et al. (2007) mostraram que o marcador Wx não está unicamente ligado ao TA mas também à consistência do gel, testado em diferentes populações de mapeamento.

O marcador SBE3, segundo Han et al. (2004), apresentou associação significativa na formação da amilopectina com características de viscosidade da pasta de amido de arroz, explicando cerca de 70% da viscosidade da pasta quente do amido, 67% da viscosidade a frio e 37% do pico de viscosidade medidos no RVA.

O uso de marcadores no Brasil já vem sendo estudado por Borba et al. (2010), os quais iniciaram testes com o uso de marcadores descritos na literatura internacional em genótipos pertencentes à Coleção Nuclear de Arroz Brasileiro, contribuindo cada vez mais para a pesquisa sobre validação e/ou desenvolvimento de marcadores moleculares associados à qualidade de grãos de arroz em programas de melhoramento de genótipos brasileiros. Acredita-se que o uso de ferramentas moleculares na avaliação da qualidade de grãos para seleção assistida de materiais promissores de arroz possa promover um avanço na eficiência dos programas de melhoramento genético no Brasil e nos produtos a serem ofertados ao mercado consumidor.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Caracterizar os parâmetros físicos, físico-químicos, genéticos e culinários da qualidade de grãos de diferentes genótipos de arroz de terras altas, bem como, estudar suas correlações entre si de forma a apontar indicadores confiáveis e reprodutíveis da qualidade culinária do grão.

3.2 ESPECÍFICOS

1. Avaliar diferentes metodologias na caracterização de genótipos quanto às propriedades do amido associadas à qualidade culinária do grão;
2. Validar marcadores moleculares relacionados a caracteres de qualidade de grãos;
3. Avaliar e associar características físicas, físico-químicas, genéticas e culinárias de qualidade de grãos de arroz;
4. Identificar os indicadores de qualidade que melhor explicam o comportamento culinário do grão em arroz de terras altas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Onze genótipos de arroz de terras altas, foram cultivados em delineamento de campo de blocos ao acaso em parcelas com três repetições (8 linhas de 5 m espaçadas em 30 cm) na fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás/GO (safra 2013), conforme recomendações técnicas. A maior parte dos genótipos foi proveniente do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil - BAG) Arroz e Feijão e outra parte, do Programa de Melhoramento Genético de Arroz da Unidade (Figura 4).

A escolha dos materiais baseou-se na maior abrangência de faixas de teores de amilose e características físicas distintas (Figura 4) possível, tendo sido selecionados e agrupados os seguintes acessos (Tabela 2): N2583 e BGA6030 (cerosos), Xingu, SBT432, Douradão, SBT282 e BRS Primavera (baixo TA) e, AcreFino, AN-Cambará, Arroz da Terra e BGA4243 (TA intermediária). Essas informações sobre a qualidade dos grãos dos acessos foram obtidas previamente com os melhoristas da Embrapa Arroz e Feijão e publicações técnicas, no caso das cultivares já lançadas (SOARES, et al., 1991; LANNA; FERREIRA; BARRIGOSSO, 2003; UTUMI, 2008; FERREIRA; SANTIAGO, 2012; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2014.)

A presente pesquisa está vinculada ao projeto “guarda-chuva” liderado pela orientadora na Embrapa Arroz e Feijão, denominado “Prospecção de métodos de avaliação de indicadores de qualidade de grãos associados ao comportamento culinário de diferentes genótipos de arroz no Brasil” e foi submetido à avaliação de acesso a patrimônio genético, conforme normas. Portanto, para fins da Resolução nº 18, de 07/07/05, do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético – CGEN, foi depositada no Banco Ativo de Germoplasma, a subamostra Arroz da Terra (variedade tradicional BRA 00011063-5) vinculada ao projeto de pesquisa, sob o processo nº 02001.005895/2012-36, cujo acesso foi autorizado durante a vigência do projeto de mestrado.

Tabela 2. Informações sobre a identificação dos acessos de arroz do estudo.

Código do acesso no BAG	Nome do acesso de arroz	Tipo / Procedência e/ou Origem
BGA004697	N 2583 ou I DENG	Acesso / França / originária de Bouaké (Intercâmbio com programas de melhoramento de outros países)
BGA006030	Padi Senemok	Acesso / Colômbia / Intercâmbio com programas de melhoramento de outros países
BGA004098	Xingu	Cultivar / Embrapa Arroz e Feijão
BGA005166	Douradão	Cultivar / Embrapa Arroz e Feijão
BGA008070	BRS Primavera	Cultivar / Embrapa Arroz e Feijão
BGA007307	Acre Fino	Cultivar / Embrapa Arroz e Feijão
BGA020067	AN Cambará	Cultivar / Agro Norte Pesquisa e Sementes LTDA. (Intercâmbio de sementes) – Sinop/MT
BGA013764	Arroz da Terra	Variedade Tradicional
Não constam no BAG	SBT282 e SBT432	Linhagens / Intercâmbio com o Programa de Melhoramento Genético do Arroz da França (CIRAD)

Após multiplicação dos acessos em área experimental da Embrapa Arroz e Feijão (Fazenda Capivara, Santo Antonio de Goiás), os grãos foram colhidos em abril de 2013, secos ao natural e beneficiados, usando-se moinho de provas (Suzuki, São Paulo, Brasil), de modo a uniformizar o grau de polimento dos grãos mais próximo possível da faixa ideal (95 a 105), monitorado pelo equipamento *Milling Meter* (Zaccaria, Penrith, Austrália). O material descascado e polido foi avaliado quanto ao rendimento e renda de inteiros usando-se classificador *trieur*. A percentagem de área total de grãos gessados e os parâmetros de dimensão dos grãos foram determinados com auxílio do Analisador Estatístico de Arroz S21 (LKL, Ventisec, Torres Vedras, Portugal).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições de campo, sendo as análises realizadas em triplicata para cada repetição, nos laboratórios da Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás/GO): Laboratório de Apoio do

Melhoramento Genético de Arroz, Banco Ativo de Germoplasma, Laboratório de Grãos e Subprodutos, Laboratório de Biotecnologia. As análises de amido em cromatografia de troca iônica e em calorímetro diferencial de varredura foram realizadas na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)- Campus São José do Rio Preto/SP.



Figura 4. Imagens dos grãos beneficiados dos acessos de arroz utilizados no estudo. Fonte: Arquivo Pessoal.

4.2 DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO POR DISPERSÃO ALCALINA

A temperatura de gelatinização (TG) foi determinada utilizando-se metodologia indireta adaptada de Martínéz e Cuevas (1989). Dez grãos (inteiros, sadios e polidos) de cada amostra foram distribuídos uniformemente em uma placa plástica de 4,8 cm de diâmetro, contendo 10 mL da solução de hidróxido de potássio (KOH) 1,7%. As placas foram tampadas e incubadas em estufa (FISHER, modelo 255G, Waltham, USA), à 30°C, por 23 horas. Após este período observou-se visualmente o quanto os grânulos de arroz se dissolveram.

Os dez grãos da amostra foram classificados de acordo com uma escala numérica de 1 a 7. Foram utilizados como controles grãos de arroz polidos das cultivares Colômbia 1 (TG alta); *Bluebonnet* 50 (TG intermediária) e IR 8 (TG baixa), considerados padrões conhecidos internacionalmente. O valor médio de TG de cada amostra foi obtido multiplicando-se o número de grãos de arroz pelo valor do grau de dispersão correspondente, sendo posteriormente somados e divididos por dez. A relação entre grau de dispersão (valores de ASV em escala numérica de 1 a 7) e a temperatura de gelatinização encontra-se descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz

Grau de Dispersão	Características	Temperatura de gelatinização
1, 2 e 3	Os grãos não são afetados pela solução alcalina	Alta (74 a 80°C)
4 e 5	Os grãos se desintegram parcialmente	Intermediária (69 a 73°C)
6 e 7	Os grãos se dissolvem totalmente	Baixa (63 a 68°C)

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMIOLOSE APARENTE (TAA)

O TAA foi determinado pelo Sistema FIA (Análise por Injeção de Fluxo) da Foss Tecator (FIAStar 5000, Dinamarca). As amostras de arroz, previamente moídas em moinho de facas Perten Laboratory Mill 3100, foram injetadas após completa dispersão e gelatinização em solução alcalina, e a absorbância do complexo formado com solução de iodo foi determinada em espectrofotômetro UV-Visível através de um detector digital “Dual-Wavelength (DDW)” a 720 nm. O conteúdo de amilose das amostras foi calculado por meio

de uma curva de calibração, preparada com cultivares padrão de arroz pré-selecionadas com teores de amilose conhecidos e determinados previamente por Cromatografia de Permeação em Gel (SEC/GPC) (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009) pelo IRRI (*International Rice Research Institute*).

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMILOSE ABSOLUTO POR HPLC

A análise para determinação do teor de amilose absoluto foi realizada por um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC - *High Performance Liquid Chromatography*) Prominence (Shimadzu, Kyoto, Japão) acoplada com o detector de Índice de Refração, conforme metodologia de Fitzgerald, McCouch e Hall (2009). Amostras de farinha de arroz liofilizada (50 mg) foram inicialmente gelatinizadas, e depois adicionadas de 206 µL de solução tampão (5,0 mL de acetato de sódio 0,2 Mol/L, pH 4,0, 180 mL de ácido acético glacial e água q.s.p.). A desramificação enzimática foi realizada conforme Lisle, Martin e Fitzgerald (2000) e Batey e Curtin (1996). Os parâmetros da fase móvel para separação foram constituídos pelo eluente A (acetato de amônio 0,05 mol/L + 0,05% Azida sódica, pH 4,75, filtrada), eluente B (solução azida sódica 0,05%, filtrada), eluente C (água Milli-Q filtrada) e eluente D (água Milli-Q filtrada). Utilizou-se um conjunto de guarda coluna e coluna UH250 da Waters (Ultrahydrogel, SEC 250), calibrado com padrões de pululanos (Shodex Corporation, Kyoto, Japão), sendo o fluxo da coluna de 0,5 mL/min. Injetaram-se 40 µL de cada repetição de campo no injetor automático SIL-20A, diminuindo-se o fluxo da coluna para 0,02 mL/min. Os dados foram coletados e analisados usando-se o programa LCsolution.

4.5 EXTRAÇÃO DE AMIDO DE ARROZ

O amido foi extraído utilizando-se metodologia de Wang e Wang (2004), com modificações. O arroz polido foi submetido à moagem em moinho de facas Willey-Mill e a farinha obtida, passada em peneira de 45 mesh (0,354 mm). Uma suspensão de farinha de arroz em solução de NaOH 0,1% na proporção de 1:2 (v:v), foi deixada em repouso por 18 horas em temperatura ambiente. Após esse tempo, a dispersão foi submetida à agitação vigorosa (2000 rpm) em blender (IKA, RW20 digital 10 mm/ D15) durante dois minutos. O

material resultante passou em peneira de 230 *mesh* (0,063 mm) e foi centrifugado a 1200 *g* durante cinco minutos. Após descarte do sobrenadante, a camada superior do precipitado foi raspada e removida. A camada de amido restante foi novamente suspensa em NaOH 0,1% e coletada por centrifugação. Essa operação foi realizada por duas vezes. Logo após, o amido resultante foi suspenso em água destilada, neutralizado com HCl 1M até pH 6,5 e centrifugado. O amido resultante foi seco em estufa com circulação de ar a 40°C por 6 horas.

4.6 PROPRIEDADES TÉRMICAS

Determinou-se a temperatura de gelatinização e retrogradação do amido de arroz em calorímetro de varredura diferencial (DSC) (Pyris 1, Perkin Elmer, Waltham, USA) de acordo com método descrito por Franco, Cabral, Tavares (2002). Amostras de 2 mg em base seca de amido de arroz foram pesadas em cápsulas (panelinhas) de alumínio, misturadas com 6 µL de água deionizada e seladas. As panelinhas seladas foram mantidas por 2 horas em temperatura ambiente para equilíbrio, e colocadas no equipamento, aquecidas de 25 a 125 °C com taxa de aquecimento de 10 °C/min. Após a corrida das repetições de campo no equipamento, as mesmas foram armazenadas em temperatura de refrigeração por 15 dias para posterior determinação das propriedades térmicas dos amidos retrogradados nas mesmas condições. As temperaturas de transição (inicial, de pico e final) e a variação de entalpia dos amidos gelatinizados e retrogradados foram determinados utilizando-se o software Pyris 1 da Perkin Elmer (USA).

4.7 PODER DE INCHAMENTO

O poder de inchamento do amido do arroz foi analisado segundo Schoch (1964), sendo determinado nas temperaturas de 55, 65, 75, 85 e 95 °C. A determinação envolveu a suspensão de 0,2 g de amido de arroz (base seca) em 15 mL de água destilada em tubo de centrífuga com tampa. A mistura foi aquecida em banho-maria sob leve agitação e após 30 min de aquecimento, os tubos foram centrifugados a 3000 *g* por 15 min. Foi coletada uma alíquota de 10 mL do sobrenadante, a qual foi acomodada em placa de Petri e seca em estufa (105 °C) até peso constante. Os grânulos de amido intumescidos (precipitado) foram pesados

posteriormente, e a determinação foi feita pela relação da massa final intumescida sobre a massa inicial de amido.

4.8 DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA

O amido de arroz foi inicialmente desramificado segundo procedimento descrito por Wong e Jane (1995) e Jane e Chen (1992) com modificações. Amostras de 50 mg de amido foram dispersas em 5 mL de solução de DMSO P.A. (Dimetilsulfoxido). A distribuição do comprimento de cadeias ramificadas das amilopectinas derivadas dos amidos desramificados com isoamilase foi analisada usando o HPAEC-PAD (ICS 3000, Dionex Corporation, EUA) equipado com amostrador automático AS40. Alíquotas de 20 µL de cada repetição de campo preparadas e filtradas anteriormente foram automaticamente injetadas no sistema HPAEC-PAD constituído por uma coluna de troca aniônica CarboPac PA-100 (250x4mm) em combinação com uma guarda-coluna CarboPac PA100. O procedimento seguiu a descrição de Campanha (2010), em que a forma de onda empregada foi a *standard quadruple* com os seguintes potenciais de pulso e durações: E1 = 0,1 0 V (t1 = 0,40 s); E2 = -2,00 V (t2 = 0,02 s); E3 = 0,60 V (t3 = 0,01 s); E4 = -0,1 0 V (t4 = 0,06 s). Os parâmetros da fase móvel utilizada para a separação foram constituídos pelo eluente A (200 mM NaOH) e eluente B (500 mM acetato de sódio e 100 mM NaOH) com fluxo de 0,8 mL/ min e temperatura de 40 °C. Os eluentes foram preparados com água deionizada ultra pura (18 MΩ.cm) e degaseificados com N₂. Uma mistura de maltodextrinas (grau de polimerização 1-7) foi usada para identificação da série homóloga de comprimento de cadeias. Os dados foram coletados e analisados utilizando-se o software Chromeleon, versão 6.8 (Dionex Corporation, EUA).

4.9 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Os amidos dos onze genótipos de arroz de terras altas foram fixados sobre suportes (stubs), utilizando-se fita adesiva dupla face. Após fixação, as amostras foram cobertas com uma fina camada de ouro em metalizador (Balzers). O aspecto geral das amostras foi avaliado em DSM 940A microscópio eletrônico de varredura, Jeol, JSM-6610, equipado com EDS, (Thermo Scientific, Spectral Imaging, Tokyo, Japão), com aumentos de 120, 500 e 2000

vezes, realizado no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução na Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

4.10 TESTE DE PANELA

O teste de panela foi conduzido com base em procedimento operacional padrão aprovado e adotado para arroz no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão (Procedimento Técnico de Teste de Panela em Arroz, metodologia 036.020.005.005). O treinamento do painel de avaliadores do perfil sensorial do arroz e a classificação sensorial de textura dos grãos cozidos foi adaptada de Lima et al. (2006). Os grãos polidos de cada repetição de campo foram cozidos em panela elétrica automática (Cadence, capacidade 2 L) na proporção de 1:2 (arroz : água destilada). Foram utilizados 150 g de arroz previamente lavados em água corrente e escorridos e, adicionados 300 mL de água destilada em temperatura ambiente. Após o término do cozimento, o qual foi controlado automaticamente, os grãos cozidos de arroz foram retirados da panela com uma espátula de plástico acondicionada em copo plástico medidor e imediatamente depositadas sobre bandeja de inox. A análise de cada repetição de campo foi realizada por três avaliadores, sendo funcionários da empresa e previamente treinados pela gestora do Laboratório, não havendo repetição de uma mesma amostra para o mesmo avaliador. A pegajosidade foi avaliada visualmente verificando-se se a porção de uma medida de arroz recém-cozido, retirada do centro da panela, perdia o formato original ou não ao ser vertida em uma bandeja. A análise de dureza foi realizada com os grãos resfriados naturalmente até atingirem a temperatura de 45°C (medida com termômetro), determinada por meio de várias compressões leves de alguns grãos de arroz cozido (amostrados aleatoriamente) entre os dedos indicador e polegar. A avaliação das amostras com relação aos atributos pegajosidade e dureza foi conduzida seguindo classificação descrita na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação do arroz cozido com relação aos atributos de textura.

Atributo	Escala	Classificação	Representação
Pegajosidade	1	Extremamente solto	ES
	2	Muito solto	MS
	3	Solto	S
	4	Ligeiramente solto	LS
	5	Pegajoso	P
	6	Muito pegajoso	MP
	7	Extremamente pegajoso	EP
Dureza	1	Extremamente macio	EM
	2	Macio	M

3	Ligeiramente macio	LM
4	Macio com centro firme	MCF
5	Levemente firme	LF
6	Muito firme	MF
7	Extremamente firme	EF

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2006).

4.11 ANÁLISE VISCOAMILOGRÁFICA POR RVA

As propriedades de pasta (perfil viscoamilográfico) das farinhas de arroz das três repetições de campo foram determinadas em triplicata em Rapid Visco Analyser (RVA) (RVA4, Newport Scientific, Austrália), no qual foi utilizada uma suspensão da amostra moída (3g em 25 mL) corrigida para 14% de umidade e analisada de acordo com o seguinte regime de tempo/temperatura: 25°C por dois minutos, aquecimento de 25°C a 95°C a uma taxa de 14°C/min, manutenção da pasta a 95°C por três minutos e resfriamento de 95°C a 25°C a uma taxa de 14°C/min, num total de 12,5 minutos de análise. A viscosidade foi expressa em RVU (*Rapid Visco Amylograph Units*) conforme modelo da Figura 5.

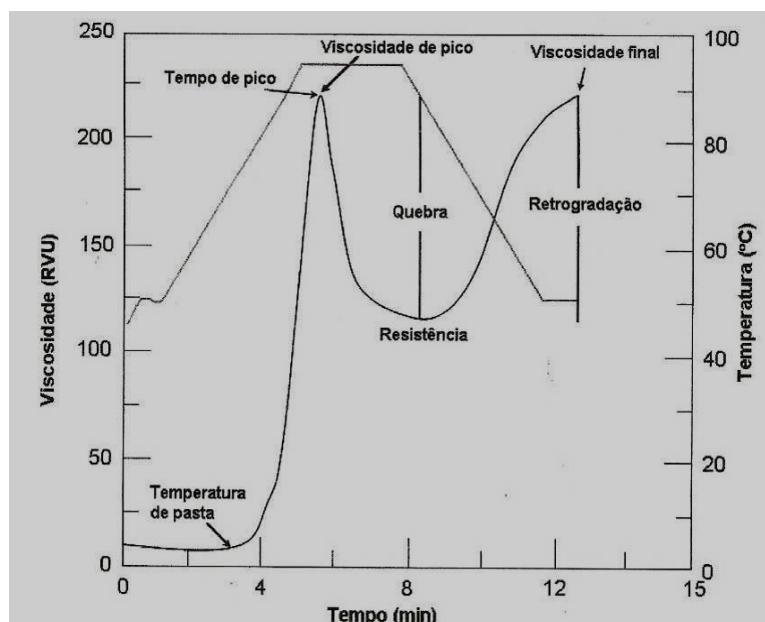


Figura 5. Exemplo de curva típica de empastamento obtida a partir da análise de perfil viscoamilográfico por RVA, representando os parâmetros comumente avaliados (THOMAS; ATWELL, 1999).

A partir da curva obtida (Figura 5) foram extraídas e avaliadas as seguintes informações:

- Viscosidade máxima (ou de pico): Valor de máxima viscosidade do amido durante o ciclo de aquecimento;
- Quebra da viscosidade (*Breakdown*): valor obtido da diferença entre a viscosidade máxima e a viscosidade da pasta mantida a 95°C por 5min;
- Viscosidade final: valor da viscosidade da pasta à temperatura final de resfriamento;
- Tendência à retrogradação (*Setback*): valor obtido da diferença entre a viscosidade final e a viscosidade da pasta a 95°C por 5min.

4.12 ANÁLISE DE TEXTURA INSTRUMENTAL

A análise de textura foi realizada em grãos cozidos e no gel de amido de arroz obtido no RVA em triplicata para cada repetição de campo. Cerca de 10 g de grãos de arroz em placa de Petri foram cozidos em 17g de água destilada por 30 minutos em panela elétrica (Cadence, capacidade de 2L), logo após foram retirados e distribuídos uniformemente dez grãos inteiros sobre a base do texturômetro para avaliação das propriedades mecânicas, dureza e pegajosidade, no Texture Analyser Stale Microsystems (TA-Xt Plus, Surrey, Inglaterra), com célula de carga de 50 Kg e sonda cilíndrica de 40 mm. Foi realizado o método de compressão uniaxial, utilizando-se 10 grãos intactos de arroz por repetição (PATINDOL; GU; WANG, 2010; SESMAT; MEULLENET, 2001).

Na análise de textura do gel do RVA, foram avaliadas as propriedades de dureza, pegajosidade e coesividade com sonda cilíndrica de 40 mm. Foi adotado o método de compressão duaxial (SESMAT; MEULLENET, 2001).

4.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos das análises físicas, físico-químicas e de textura foram expressos na forma de média e desvio-padrão, sendo submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) no programa Statistica (STATSOFT, 2004). Para avaliar a correlação entre os resultados das análises entre os genótipos os dados posteriormente foram submetidos a correlação de Pearson (r), utilizando os programas RStudio (RStudio, 2015) e Análise de Componentes Principais dos

Agrupamentos no SAS versão 2014 (Statistical Analysis System) ambos adotando-se nível de significância de 5%.

4.14 VALIDAÇÃO DE MARCADORES PARA QUALIDADE DE GRÃOS

4.14.1 Análise genômica

4.14.1.1 Extração do DNA

As sementes dos onze genótipos de arroz de terras altas foram plantadas em casa de vegetação para obtenção de tecido foliar para posterior extração de DNA. Cada genótipo foi amostrado por quatro plantas individuais. O tecido foliar dos genótipos foi armazenado em freezer em papel alumínio previamente identificado.

A metodologia de extração do DNA genômico foi conduzida de acordo com Ferreira e Grattapaglia (1998). A concentração do DNA foi estimada por eletroforese em gel de agarose 1% por comparação visual com o DNA - padrão do fago lambda (50 a 400 ng). Posteriormente, ajustou-se a concentração das amostras para 3 ng/ μ L em água milli-Q.

4.14.1.2 Marcador molecular

Foram selecionados oito marcadores moleculares associados a características físico-químicas e culinária em arroz (Tabela 5).

Tabela 5. Referências e informações de marcadores moleculares descritos na literatura e associados a características físico-químicas e culinárias dos grãos de arroz.

Marcador	Característica de qualidade de grãos	Tipo de marcador	Primer	Temperatura de anelamento (° C)	Cromossomo/ Gene	Referência
RM190	TA	SSR	F: CTTTGTCTATCTCAAGACAC R: TTGCAGATGTTCTTCCTGATG	56	6 /Wx	Chen et al.,(2008); Ayres et al. (1997)
Wx	TA	STS	F: CTTTGTCTATCTCAAGACAC R: TTTCCAGCCCAACACCTTAC	55	6/ Wx	Ayres et al. (1997)
Wx10	Consistência do gel e textura	CAPS	F: GCATCACCGGCATCGTC R: GCTCCGGCCATGATGA	60	6/ Wx10	Tran, et al. (2011)
SBE3	TA,TG e RVA	CAPS	F: GTCTTGGAATCAGATGCTGGACTC R: ATGTATAACTGGCAGTTCGAACGG	65	2/ SBE3	Han, et al. (2004)
RM197	TA e TG	SSR	F: GATCCGTTTTTGCTGTGCCC R: CCTCCTCTCCGCCGATCCTG	55	6/SBE1	Bao et al., (2002)
OSR21	TA e TG	SSR	F: ATTTCTTTGGCCACAGGCGA R: CCCAGATTCCGAACAAGAAGAAC	55	6/SS1	Akagi et al., (1996)
SBE1	RVA	STS	F: GAGTTGAGTTGCGTCAGATC R: AATGAGGTTGCTTGCTGCTG	65	2/ SBE3	Han, et al. (2004)
F7 F22 R1 R21	TG	SNP	F:CTGGATCACTTCAAGCTGTACGAC F: CAAGGAGAGCTGGAG F:GCCGGCCGTGCAGATCTTAAC F:ACATGCCGCCACCTGGA	48	6/SSIIa	Bao et al., (2006)

4.14.1.3 Análise de PCR

Para a amplificação dos marcadores foi utilizada uma reação com volume final de 5µL utilizando-se Kit Multiplex PCR (Qiagen), seguindo o seguinte padrão 2,5 uL de master mix, 0,5 uL de Qsolution, 10 uM de cada primer, 3 ng de DNA genômico e água estéril para completar o volume quando necessário. As condições de termociclagem foram as seguintes: 15 minutos a 95°C, seguidos de 40 ciclos de 90 s (segundos) a 94°C, 90 s para a respectiva temperatura de anelamento dos primers e 90 s a 72°C, e, por fim, uma extensão final de 10 minutos a 72°C. As amplificações foram realizadas em termociclador GeneAmpPCR System 9700 (Thermo Fisher Scientific Inc) e os produtos foram visualizados em gel de agarose 1% para verificação da eficácia da amplificação.

O marcador RM190 após amplificação foi submetido à eletroforese capilar em um analisador genético ABI3500 xl (Thermo Fisher Scientific Inc), para tanto, utilizaram-se 9,42µL de formamida Hi-Di (Thermo Fisher Scientific Inc), 0,08 µL do marcador de massa molecular *GeneScan*TM 500 ROXTM (Thermo Fisher Scientific Inc) e 0,5µL da reação de PCR. Os produtos amplificados marcadores RM197 e SBE1 foram sequenciados utilizando-se o Kit DYEnamic ET Terminator Cycle Sequencing e as reações foram preparadas da seguinte forma: 100 ng do produto amplificado, 0,25µM do primer (forward e reverse separadamente), 2 µl de Save Money, 1 µl do premix DYEnamic e 2,5 µl de água Milli-Q autoclavada, para completar um volume final de 10 µl. As reações foram amplificadas em termociclador GeneAmpPCR System 9700 (Thermo Fisher Scientific Inc) com o seguinte programa: 30 ciclos de 96 °C por 10 s, 55 °C por 10 s e 60 °C por 4 min. Após os 30 ciclos, seguiu-se um passo final a 60 °C por 4 min. Os produtos foram purificados seguindo protocolo descrito por Brondani; Brondani; Grattapaglia (2007) e sequenciados em analisador genético ABI3500 xl (Thermo Fisher Scientific Inc).

Para os marcadores Wx, Wx10, SBE3 e OSR21e o conjunto F7, F22, R1 e R21 seguiram-se os protocolos de visualização estabelecidos pelos respectivos autores (Tabela 5).

4.14.1.4 Análise de associação

A associação entre os marcadores e os caracteres físico-químicos e culinários foi realizada utilizando-se a análise GLM (*General Linear Model*) disponível no *software* Tassel versão 3.0, em que os marcadores moleculares testados e os dados dos caracteres fenotípicos são considerados como fatores de efeito fixo. Para confirmar a significância

das associações entre locos e caracteres utilizou-se o método FDR (*False discovery rate*), obtido pelo *software* Qvalue versão 1.0 (Storey, 2002), que corresponde à proporção esperada de hipóteses nulas verdadeiras, retirando-se os falsos positivos, que podem decorrer de associações por ancestralidade comum.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TEOR DE AMILOSE APARENTE E ABSOLUTO, PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO

Foram confirmados os teores de amilose aparente previamente conhecidos para os genótipos de arroz selecionados neste estudo, por metodologia colorimétrica, os quais foram, por sua vez, compatíveis com os teores obtidos por cromatografia líquida de alta resolução, ou seja, os valores variaram entre 0,14% a 22,29% (Tabela 6). Notou-se que apesar da metodologia para a determinação do teor de amilose aparente ser mais simples, gerando dados estimados, estes foram comparáveis àqueles obtidos pela técnica cromatográfica, ou seja, independentemente da metodologia, os genótipos foram agrupados na mesma classe de teor de amilose (Tabela 6), sendo: dois cerosos (N2583, BGA6030), cinco com baixo teor de amilose (Xingu, SBT432, Douradão, SBT282 e Primavera) e quatro com teor de amilose intermediário (AcreFino, Cambará, Arroz da Terra, BGA4243), conforme se esperava. Existem relatos na literatura de valores de amilose mais amplos, variando de 1,5% a 31,6% (KONG, et al., 2015; KAUR et al., 2014; GANI et al., 2013; WANG et al., 2010; SING et al., 2006; SODHI; SING, 2003). Essa diferença de variação pode ser afetada por fatores relacionados às condições climáticas e de solo durante o desenvolvimento do grão e também devido à própria genética do material (ZHU et al., 2010; WANG et al., 2010; SING et al., 2006; WANG;WANG; POTER, 2002).

Tabela 6: Teor de Amilose Aparente (TAAp), Teor de Amilose Absoluto (TAAb), Renda do benefício (RB), Rendimento de Inteiros (RI), Área Gessada Total (AGT), Comprimento (C), Dimensão (D) e Grau de Polimento (GP) de arroz de terras altas¹.

Classe de TA	Genótipo	TAAp(%)	TAAb(%)	RB (%)	RI (%)	AGT (%)	C (mm)	D (C/L)	GP (pontos)
Ceroso	N. 2583	0 ^e ± 0,00	0,14 ^d ± 0,05	66,74 ^c ± 1,17	49,25 ^e ± 0,81	73,08 ^a ± 1,34	6,16 ^f ± 0,01	2,42 ^{ef} ± 0,01	113,33 ^a ± 7,37
	BGA6030	1,07 ^e ± 0,32	0,15 ^d ± 0,06	36,41 ^h ± 0,64	31,79 ^g ± 0,45	68,84 ^a ± 6,69	5,23 ^h ± 0,01	2,50 ^{de} ± 0,03	101,00 ^a ± 29,21
Baixo	Xingu	10,72 ^d ± 0,39	9,79 ^c ± 0,89	66,12 ^c ± 0,82	58,68 ^b ± 0,33	33,51 ^c ± 1,61	6,35 ^d ± 0,01	2,75 ^c ± 0,00	104,33 ^a ± 4,16
	SBT432	11,27 ^d ± 1,32	9,84 ^c ± 0,67	71,80 ^a ± 0,59	65,50 ^a ± 0,56	27,38 ^{cd} ± 2,46	6,38 ^d ± 0,02	2,54 ^d ± 0,01	101,00 ^a ± 6,93
	Douradão	11,56 ^{cd} ± 0,87	10,80 ^c ± 0,58	69,26 ^b ± 0,63	65,08 ^a ± 0,65	26,90 ^{cde} ± 2,54	6,74 ^a ± 0,02	2,84 ^c ± 0,02	108,00 ^a ± 5,29
	SBT282	12,46 ^c ± 0,54	11,02 ^c ± 1,57	58,99 ^e ± 0,55	53,37 ^d ± 0,57	18,49 ^{gf} ± 0,53	6,68 ^b ± 0,01	3,76 ^a ± 0,02	110,67 ^a ± 2,08
	Primavera	18,05 ^b ± 0,68	18,94 ^b ± 1,58	63,30 ^d ± 0,97	55,63 ^c ± 0,74	20,14 ^{defg} ± 1,90	6,44 ^c ± 0,01	3,36 ^b ± 0,04	108,67 ^a ± 2,08
Intermediário	Acrefino	20,44 ^b ± 0,55	20,48 ^{ab} ± 0,68	50,57 ^g ± 0,45	43,72 ^f ± 0,26	22,78 ^{def} ± 0,95	6,45 ^c ± 0,02	3,46 ^b ± 0,08	101,00 ^a ± 4,58
	Cambará	18,29 ^a ± 0,54	20,62 ^{ab} ± 0,48	61,50 ^d ± 0,71	57,79 ^b ± 0,73	14,12 ^g ± 0,13	6,23 ^e ± 0,00	3,41 ^b ± 0,04	101,67 ^a ± 0,58
	Arroz da Terra	19,63 ^a ± 0,99	21,04 ^{ab} ± 1,57	57,56 ^{ef} ± 0,57	43,77 ^f ± 0,48	54,21 ^b ± 1,69	5,64 ^g ± 0,01	2,38 ^f ± 0,02	109,33 ^a ± 7,37
	BGA4243	20,29 ^a ± 0,62	22,29 ^a ± 1,28	56,45 ^f ± 0,21	45,07 ^f ± 0,50	19,91 ^{efg} ± 1,45	4,58 ⁱ ± 0,01	2,26 ^g ± 0,01	100,33 ^a ± 2,31

As classes foram agrupadas de acordo com o teor de amilose absoluto. ¹Valores correspondem à média (n=3) ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). Classe de Teor de Amilose (TA) = classificação conforme teor de amilose absoluto.

Nacionalmente, a legislação brasileira atribui ao arroz em casca uma renda base no benefício de 68%, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados e quirera (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), sendo a renda de 60% um valor razoável (USBERTI FILHO; AZZINI; SOAVE, 1986). Valores abaixo desses estariam fora das exigências para comercialização do produto. Entretanto, recentemente, os programas de melhoramento genético de arroz de terras altas e também as indústrias arrozeiras tornaram-se ainda mais exigentes, selecionando materiais genéticos que apresentam $RB \geq 70\%$ e $RI \geq 60\%$. Quando o material apresenta RI acima de 55% mas inferior a 60%, ele poderá ser tolerado pelo melhorista caso apresente outras características agronômicas de interesse muito superiores. Esses valores são empiricamente definidos pelo mercado do arroz, principalmente pela indústria arrozeira. Nas avaliações das propriedades físicas dos acessos do presente estudo (Tabela 6), pode-se dizer que houve dois tipos básicos de comportamento em relação à Renda do Benefício e Rendimento de Inteiros: materiais com baixos valores ($RB < 70\%$ e $RI < 60\%$), ou seja, aquém daqueles preconizados pelo programa de melhoramento genético de arroz e pelo mercado brasileiro do arroz de terras altas; e materiais com valores desejáveis ao mercado ($RB \geq 70\%$ e $RI \geq 60\%$), ou seja, com RI dentro da faixa de valoração comercial do arroz. Dentre os materiais avaliados, fica evidente que os acessos associados a linhagens não lançadas e, portanto, não melhoradas, tiveram valores inferiores de RB e RI, como já se esperava. Por outro lado, as cultivares de arroz que são materiais genéticos melhorados e lançados comercialmente apresentam os valores mínimos desejáveis, como também era esperado. No caso das linhagens, percebe-se ainda a fragilidade dos grãos durante beneficiamento, pois além do baixo RB, ainda apresentaram queda no valor de RI, mostrando alta incidência de grãos quebrados. Essa fragilidade pode ter relação com a qualidade do amido em função não apenas da genética do material, mas, provavelmente, de uma maior interação genótipo-ambiente, como por exemplo, algum problema relacionado à umidade de colheita e secagem e reidratação do grão na pós-colheita, influenciando o arranjo das cadeias do amido. Essas características podem causar alguma influência na qualidade culinária do arroz (CAZETTA et al., 2006; OLIVEIRA, et al., 2014). De acordo com Castro et. al. (1999), danos mecânicos nos grãos ocorrem pela ação indireta de diversos estresses bióticos e abióticos e a reação dos diferentes cultivares a esses estresses também é variada, algumas resistindo muito mais do que outras. Variações na ocorrência e

intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento são mais frequentes no arroz de terras altas, uma vez que nesse sistema de cultivo o arroz está mais sujeito aos efeitos das variações climáticas que no sistema irrigado.

Cultivares com maior frequência de gessados tendem a ser menos produtivas no beneficiamento. Grãos completamente gessados são, normalmente, imaturos, colhidos precocemente e, conseqüentemente, mais frágeis (Castro et al, 1999). Em relação à Área Gessada Total, também denominada gessamento, notou-se que as maiores médias diferentemente significativas dos demais genótipos foram obtidas para os acessos N2583 e BGA6030 (Tabela 6) . Esta maior porcentagem de gessados associada à indesejável opacidade dos grãos é um fator determinante para a depreciação do valor comercial do arroz, e segundo relatos, ocorre pelo arranjo entre os grânulos de amido e proteína, desenvolvido sob condições adversas de clima e cultivo (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009; FERREIRA et al., 2005). Como relatado, amostras com alta incidência de grãos gessados tendem a apresentar baixos rendimentos industriais, o que pôde ser observado para esses acessos de arroz anteriormente.

As classes comerciais baseiam-se no comprimento e dimensão dos grãos, de acordo com Brasil (2009), sendo pertencentes à classe comercial de grãos longos e finos (agulhinha) seis genótipos (Xingu, Douradão, SBT282, Primavera, AcreFino e Cambará), dois longos (N2583 e SBT 4243), dois médios (BGA6030 e Arroz da Terra) e um genótipo de classe curto (BGA4243). Verificou-se que nem todos os genótipos com mesma classe de grãos apresentaram teores de amilose similares, ou seja, acessos classificados como longos e finos tiveram teor de amilose (TA) baixo (Xingu, Douradão, SBT282 e Primavera) ou intermediário (AcreFino e Cambará), enquanto genótipos com grãos longos enquadraram-se na classe de amilose cerosa (N2583) ou baixa (SBT432); grãos médios, na classe cerosa (BGA6030) ou intermediária (Arroz da Terra) e, grãos curtos na classe intermediária (BGA4243).

Assim sendo, pode-se corroborar, com base nas características físicas dos grãos, que as amostras desse estudo apresentam certa variabilidade, o que era desejável para as associações com outros parâmetros físico-químicos, culinários e moleculares de interesse na melhor compreensão dos fatores que definem ou afetam a qualidade do arroz.

5.2 ESTRUTURA GRANULAR E PODER DE INCHAMENTO DO AMIDO

Em relação à estrutura granular dos amidos de arroz de diferentes genótipos, observou-se variação no tamanho e na forma conforme determinado por microscopia eletrônica de varredura. Segundo Juliano (1985), Franco et al. (2001), Qi-hua et al. (2009), o tamanho dos grânulos do amido de arroz é muito pequeno variando de 3 a 9 μm em formas poligonais irregulares. O tamanho granular encontrado neste estudo foi de 4,33-6,21 μm em diferentes amidos de arroz (Tabela 7). Algumas fotomicrografias dos grânulos de amido de arroz para diferentes classes de teor de amilose foram apresentadas na Figura 6. Os grânulos de amido foram observados como sendo poliédricos, de formas irregulares e com faces distintas e angulares. Outros autores observaram perfis similares nos grânulos de amido de arroz (KONG, et al., 2015; MIR; BOSCO 2014; WANI et al., 2013; LAWAL et al., 2011; SING et al., 2006; SODHI; SING, 2003). O genótipo, a técnica de isolamento, práticas agronômicas, condições climáticas e a biossíntese do amido foram relatados como sendo responsáveis pela diversidade do grânulo de amido (KONG, et al., 2015; WANI et al., 2012).

Tabela 7. Médias dos tamanhos granulares de diferentes amidos de arroz medidos por meio da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Genótipo	MEV
	Grânulo de amido (μm)
N2583	4,98 ^{ab} ±0,54
BGA6030	5,25 ^{ab} ±0,47
Xingu	5,93 ^a ±0,73
SBT432	5,24 ^{ab} ±1,14
Douradão	4,84 ^{ab} ±0,66
SBT282	5,16 ^{ab} ±0,72
Primavera	4,33 ^b ±0,90
AcreFino	5,16 ^b ±1,09
Cambará	5,11 ^{ab} ±0,62
Arroz da Terra	6,21 ^a ±0,88
BGA4243	5,03 ^{ab} ±0,82

Valores correspondem à média (n=3) $\pm$ desvio-padrão; letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). MEV = microscopia eletrônica de varredura.

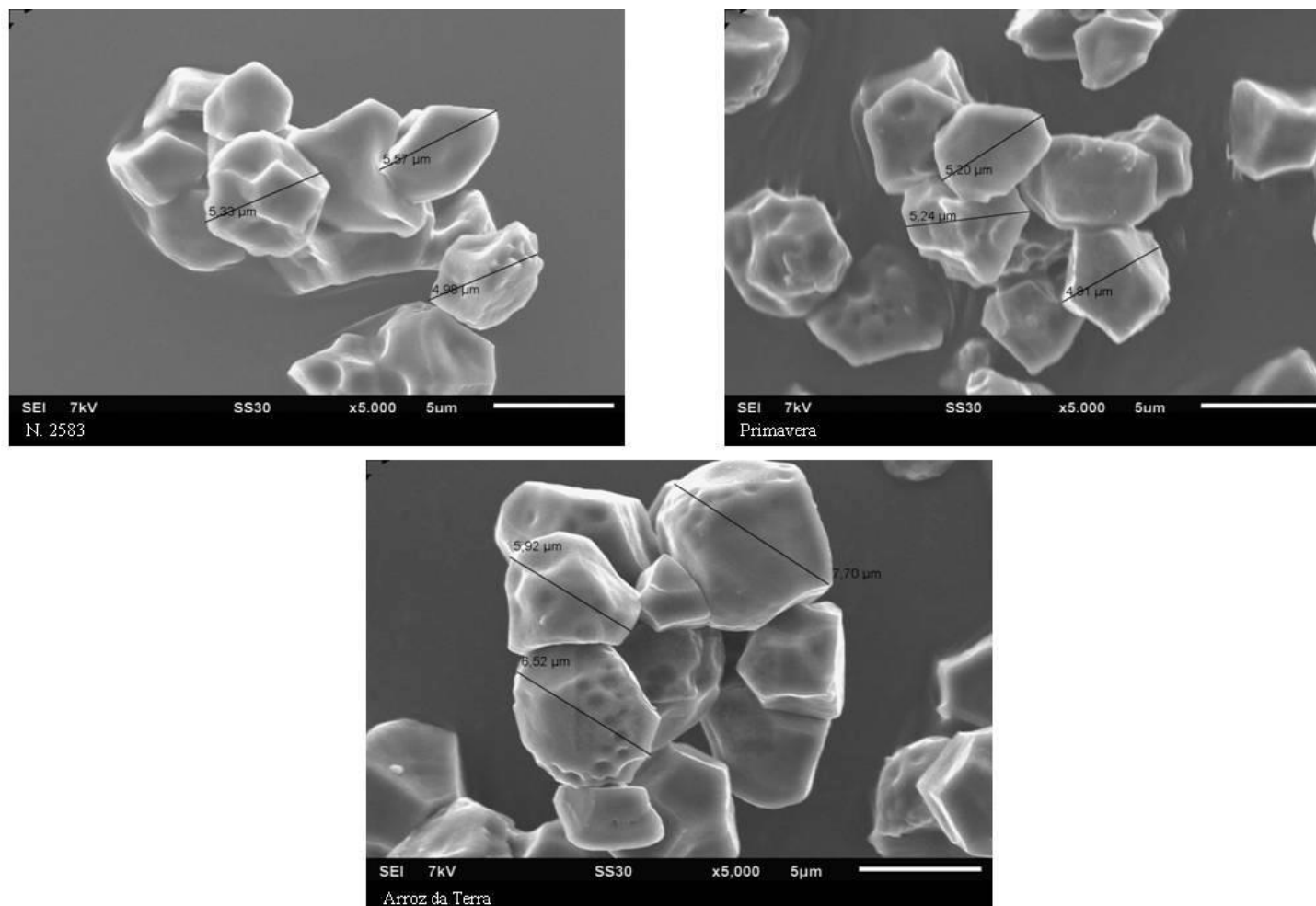


Figura 6. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos grânulos de amido de arroz de diferentes classes de amilose: N. 2583 (ceroso), Primavera (baixo TA) e Arroz da Terra (TA intermediária).

O tamanho e o formato dos grânulos podem influenciar as propriedades físico-químicas do amido. Alguns autores mencionam a relação entre o tamanho de grânulo de amido e a digestibilidade (RILEY; WHEATLEY; ASEMOTA, 2006), o teor de amilose, poder de intumescimento, a solubilidade, a capacidade de absorção de água (KAUR et al., 2009) e a textura (KAUR; SINGH; SODHI, 2002). Observando-se a Tabela 3, verificou-se que cada classe de TA dos genótipos se agrupou em tamanhos similares do amido; de forma geral, quanto maior o teor de amilose dos genótipos, maior o comprimento do amido medido em microscopia eletrônica de varredura (μm).

O poder de inchamento (PI) indica a habilidade do amido em hidratar em condições específicas de cozimento. Essa propriedade funcional do amido é extremamente importante na sua forma de aplicação, pois a escolha do amido para determinado tipo de utilização está baseada em suas propriedades (WANI et al., 2012).

O PI dos onze genótipos avaliados nas diferentes temperaturas de aquecimento variou consideravelmente, mostrando um aumento linear com a temperatura (Figura 7).

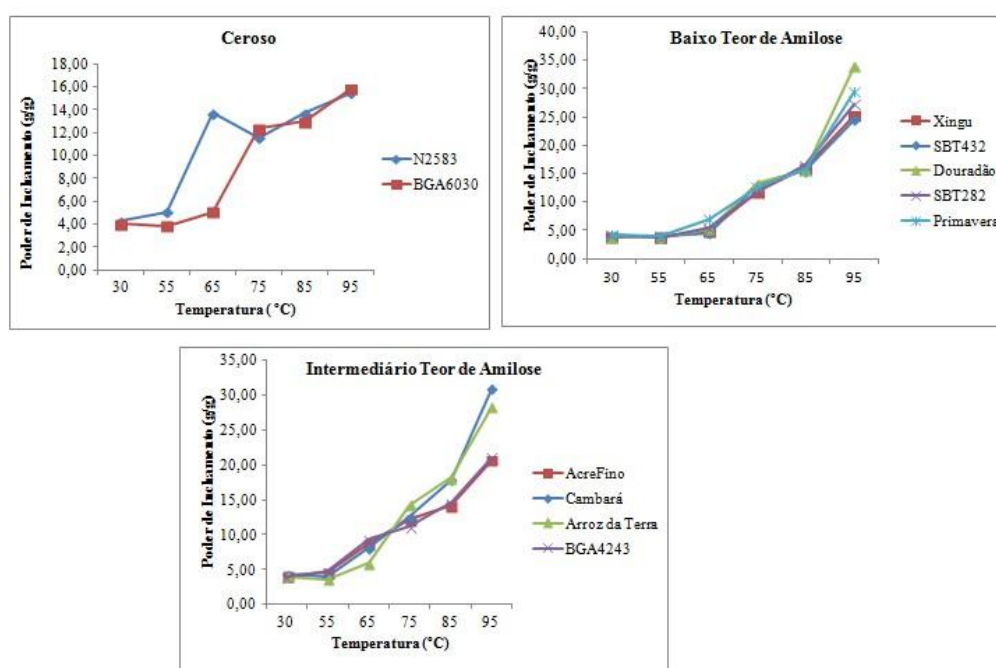


Figura 7. Curva do poder de inchamento (PI%) dos diferentes amidos de arroz submetidos a diferentes temperaturas.

Esta forte influência da temperatura sobre a capacidade de retenção de água relaciona-se com a maior vibração das moléculas do grânulo de amido sob altas temperaturas (KONG et al, 2015; GANI et al, 2013; SIMI;ABHAHAM, 2008). Os amidos pertencentes à classe de teor de amilose ceroso (N. 2583 e BGA6030)

apresentaram nas temperaturas de 30, 55 e 65°C valores superiores de PI em comparação aos amidos de baixa e intermediária amilose (Figura 7). Este comportamento também foi encontrado em outros estudos de Zavareze et al. (2013); Freitas e Leonel (2008); Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007) sobre propriedades do amido, nos quais amidos isentos de amilose mostraram-se com inchamento superior, mesmo após um período prolongado de aquecimento. Demonstrase, assim, que um dos fatores que interferem no intumescimento do amido é o conteúdo de amilose, pois a alta quantidade de amilose reduz o poder de inchamento.

A redução do PI dos grânulos de amido tem sido atribuída aos seguintes fatores: aumento da cristalinidade e redução da hidratação, interação entre as moléculas de amilose e/ou entre amilopectina, aumento da força de ligação intramolecular e da resistência do grânulo e a formação do complexo amilose-lipídio, e essa compreensão da estrutura dos grânulos de amido é importante no entendimento de suas propriedades físico-químicas, as quais determinam o comportamento do amido nos mais diversos processos industriais a que eles normalmente são submetidos (MIR; BOSCO, 2014; SODHI; SING, 2003; JANE et al., 1999).

5.3 PROPRIEDADES TÉRMICAS E DE RETROGRADAÇÃO

As temperaturas de gelatinização pelo método de grau de dispersão alcalina (ASV), e as medidas pelo DSC: temperaturas de início (T_o), Pico (T_p) e de conclusão (T_c) e a entalpia de gelatinização (ΔH) dos onze genótipos de arroz variaram consideravelmente (Tabela 6). Com base nos resultados, foi observada que a análise da temperatura de gelatinização feita pelo teste ASV categorizou os genótipos em faixas de temperatura que, por sua vez, foram similares estatisticamente ($p < 0,05$) às temperaturas obtidas em DSC (T_c (°C)). Assim, observou-se que, apesar da metodologia mais simples gerar dados estimados, estes foram compatíveis àqueles obtidos por técnica mais precisa.

Os amidos classificaram-se como de TG baixa (AcreFino, BGA4243), intermediária (N2583, Primavera e Cambará) e TG alta (BGA6030, Xingu, SBT432, Douradão, SBT282 e Arroz da Terra). Para o arroz com TA ceroso e baixo, seus amidos tiveram TG alta ou intermediária. Para genótipos pertencentes à classe de TA

intermediária, a TG foi baixa, intermediária como também alta (Tabela 8). Os maiores valores para T_o e T_p foram encontrados no arroz Douradão (TA intermediário) e para T_c , no arroz BGA6030 (TA ceroso), e os menores valores para T_o , T_p e T_c foram observados no arroz com TA intermediário (BGA4243). As diferenças de T_o , T_p e T_c em amidos de genótipos diferentes de arroz podem ser atribuídas às diferenças no teor de amilose, arquitetura granular, distribuição do peso molecular da estrutura fina da amilopectina (KONG, et al., 2015; SODHI; SING, 2003).

Nos programas brasileiros de melhoramento do arroz, para atender as exigências de consumo, buscam-se cultivares com teor de amilose intermediário a alto, cujos grãos, quando cozidos, apresentam-se secos e soltos e, com TG intermediária a baixa, que proporcione cozimento rápido e mantenha os grãos macios mesmo após o resfriamento (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012; VIEIRA; CARVALHO, 1999).

A variação da entalpia de gelatinização (ΔH g) reflete na energia gasta quando os grânulos são aquecidos em água, inchando irreversivelmente, na qual ocorre perda da organização estrutural (perda de birrefringência e da cristalinidade) (SODHI; SING, 2003). Neste estudo, ΔH teve uma grande variação, desde 8,53 J/g (BGA4243) até 14,70 J/g (N2583), indicando as diferentes quantidades de energia necessárias para a gelatinização de amido de variados genótipos, os valores foram similares aos encontrados por Kong et al. (2015), de 3.0 J/g a 15.1 J/g para 14 cultivares chinesas. A variação em TG e ΔH em diferentes amidos de genótipos de arroz pode ser devido às diferenças nas quantidades de cadeias mais longas de amilopectina (KONG et al., 2015; BAO et al., 2009). Essas cadeias mais longas exigem uma temperatura mais alta para se dissociarem completamente do que o necessário para as mais curtas duplas hélices (YAMIN et al., 1999). Bao et al. (2009) relataram que a distribuição de comprimento de cadeia média da amilopectina foi correlacionada com as propriedades térmicas do amido de arroz. A $\Delta H(r)$ fornece uma medida quantitativa da transformação de energia que ocorre durante a fusão e recristalização da amilopectina. Para os amidos de diferentes genótipos de arroz, ΔH variou de 0,56 J/g (N2583) a 10,15 J/g (SBT282). Essas diferenças de entalpia também foram encontradas por Kong et al. (2015), e atribuídas às proporções entre amilopectina e amilose, estruturas granulares e ésteres de fosfato (SODHI; SINGH, 2003).

Tabela 8: Parâmetros de gelatinização e retrogradação dos onze genótipos de arroz de terras altas¹.

Genótipo	Dispersão Alcalina			DSC							
	TG (ASV)	TG (°C)	Classificação TG*	To(°C)	Tp(°C)	Tc(°C)	$\Delta H(J/g)$	To _(t) (°C)	Tp _(t) (°C)	Tc _(t) (°C)	$\Delta H_{(t)}(J/g)$
N2583	4,48 ^b ±0,43	70-74	I	62,75 ^e ±0,28	67,63 ^d ±0,83	72,30 ^e ±0,94	10,62 ^f ±0,12	42,02 ^a ±2,69	48,74 ^{bcd} ±2,02	57,91 ^{bc} ±0,91	0,56 ^f ±0,02
BGA6030	2,92 ^c ±0,22	75-79	A	71,14 ^c ±0,20	75,69 ^b ±0,26	80,87 ^a ±0,73	14,70 ^a ±0,18	38,55 ^{abcd} ±1,27	49,83 ^{abc} ±0,24	59,18 ^{ab} ±0,21	9,85 ^{ab} ±0,09
Xngu	2,98 ^c ±0,21	75-79	A	72,91 ^b ±0,21	76,53 ^{ab} ±0,25	79,90 ^{ab} ±0,20	13,07 ^{bc} ±0,33	39,36 ^{abc} ±0,38	50,16 ^{ab} ±0,34	59,30 ^a ±0,39	7,70 ^d ±0,14
SBT432	2,97 ^c ±0,07	75-79	A	73,47 ^{ab} ±0,25	76,75 ^{ab} ±0,29	79,87 ^{ab} ±0,36	12,93 ^c ±0,13	39,16 ^{abc} ±0,69	51,22 ^a ±0,10	59,15 ^{ab} ±0,38	8,01 ^{cd} ±0,26
Douradão	2,92 ^c ±0,19	75-79	A	73,86 ^a ±0,47	77,19 ^a ±0,51	80,28 ^{ab} ±0,62	12,85 ^{cd} ±0,03	41,18 ^{ab} ±0,95	51,29 ^a ±0,35	59,22 ^{ab} ±0,28	7,51 ^d ±0,18
SBT282	2,77 ^c ±0,15	75-79	A	71,77 ^c ±0,01	75,58 ^b ±0,00	79,05 ^{bc} ±0,04	12,01 ^{de} ±0,33	37,78 ^{bcd} ±0,96	50,07 ^{abc} ±0,59	59,46 ^a ±0,06	10,15 ^a ±0,10
Primavera	4,14 ^b ±0,37	70-74	I	67,86 ^d ±0,22	73,51 ^c ±0,26	78,25 ^{cd} ±0,27	12,41 ^{cde} ±0,15	35,92 ^d ±0,44	49,45 ^{abc} ±0,84	58,24 ^{ab} ±0,25	8,32 ^{cd} ±0,26
AcreFino	6,74 ^a ±0,20	55-69	B	62,08 ^e ±0,33	66,15 ^e ±0,19	70,49 ^{ft} ±0,25	9,23 ^g ±0,35	38,51 ^{abcd} ±0,42	47,94 ^{cd} ±0,59	57,10 ^c ±0,12	5,13 ^e ±0,21
Cambará	4,16 ^b ±0,27	70-74	I	67,94 ^d ±0,11	73,18 ^c ±0,10	77,69 ^{cd} ±0,16	11,63 ^e ±0,44	38,01 ^{bcd} ±1,30	49,95 ^{abc} ±0,25	58,58 ^{ab} ±0,26	7,68 ^d ±0,30
Arroz da Terra	3,02 ^c ±0,22	75-79	A	68,30 ^d ±0,38	72,74 ^c ±0,23	77,05 ^d ±0,08	13,91 ^{ab} ±0,11	36,86 ^{cd} ±0,47	47,83 ^{cd} ±0,47	59,87 ^a ±0,89	9,13 ^b ±0,10
BGA4243	7,00 ^a ±0,00	55-69	B	61,01 ^f ±0,43	64,70 ^f ±0,50	68,50 ^g ±0,61	8,53 ^g ±0,34	39,40 ^{abcd} ±0,08	48,42 ^{bcd} ±0,12	57,13 ^c ±0,19	4,50 ^e ±0,07

¹ Valores correspondem à média (n=3) ± desvio-padrão; letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). ASV = alkali spread value (valor de dispersão alcalina). To (temperatura inicial), Tp (temperatura de pico) e Tc (temperatura de conclusão) de transições de fases do DSC.

* A- Alta; I – Intermediária; B – Baixa.

5.4 PROPRIEDADES DE PASTA

A Viscosidade de Pico (VP) reflete na capacidade dos grânulos de se ligarem à água ou a extensão do aumento de volume dos grânulos de amido, ou seja, é o valor de máxima viscosidade do amido durante o ciclo de aquecimento e, frequentemente, está correlacionado com a qualidade do produto final, uma vez que os grânulos de amido dilatados e colapsados afetam a textura dos produtos (WANI et al., 2012). A VP (Tabela 9) dos onze genótipos de arroz variou de 63,16 a 278,40 RVU, sendo N2583 (TA ceroso) com o menor valor e o SBT432 (TA baixo) com o maior valor. Os genótipos pertencentes à classe baixa de amilose, de forma geral, apresentaram as maiores viscosidades de pico, indicando maior capacidade de ligação com a água do grânulo de amido. Os genótipos cerosos (conforme resultados de AGT na Tabela 6) tiveram os menores valores para VP; a alta porcentagem de grãos gessados dos dois genótipos cerosos pode explicar a baixa VP, principalmente devido à perda da sua integridade e estrutura cristalina do gessamento com o aumento da temperatura na fase de aquecimento, resultando em picos de viscosidade mais baixos (ZONG et al., 2009).

Tabela 9: Propriedades de pasta dos genótipos de arroz de terras altas¹.

Classe de TA	Genótipo	Viscosidade (RVU)			Tendência a retrogradação (em RVU) (SB)	Tempo de Pico (min) (TP)	Temperatura da Pasta (°C) (PTemp)
		Pico (VP)	Quebra (VQ)	Final (VF)			
Ceroso	N2583	63,16 ^h ± 5,31	44,18 ^g ± 3,47	26,39 ^f ± 2,10	7,41 ^f ± 0,53	3,18 ^g ± 0,05	69,23 ^g ± 0,40
	BGA6030	166,81 ^f ± 25,74	64,36 ^f ± 16,89	136,65 ^e ± 14,64	34,20 ^e ± 5,47	4,36 ^f ± 0,05	78,20 ^f ± 0,40
Baixo	Xingu	259,10 ^{bc} ± 12,69	134,36 ^b ± 6,80	237,67 ^{cd} ± 14,87	112,93 ^d ± 9,10	5,52 ^{cd} ± 0,04	81,24 ^{de} ± 0,41
	SBT432	278,40 ^{ab} ± 9,30	147,21 ^a ± 7,11	240,44 ^{cd} ± 12,22	109,25 ^d ± 8,19	5,54 ^{cd} ± 0,08	81,09 ^{ed} ± 0,39
	Douradão	276,85 ^{abc} ± 14,41	153,06 ^a ± 9,30	223,41 ^d ± 12,19	99,63 ^d ± 6,60	5,50 ^{de} ± 0,03	80,57 ^e ± 0,35
	SBT282	255,99 ^{cd} ± 17,68	111,20 ^c ± 10,91	281,80 ^b ± 16,83	137,01 ^{bc} ± 12,10	5,43 ^e ± 0,07	81,85 ^{cd} ± 0,96
	Primavera	197,55 ^e ± 11,39	77,83 ^{de} ± 6,01	258,48 ^{bc} ± 12,47	138,76 ^{bc} ± 5,57	5,47 ^{de} ± 0,05	82,90 ^b ± 1,46
Inter-mediário	AcreFino	137,54 ^g ± 12,40	30,29 ^h ± 3,90	235,35 ^{cd} ± 19,04	128,10 ^c ± 12,26	5,59 ^c ± 0,06	86,38 ^a ± 0,62
	Cambará	211,33 ^e ± 14,08	81,99 ^d ± 7,87	273,02 ^b ± 13,08	143,68 ^b ± 6,11	5,46 ^{de} ± 0,04	82,95 ^b ± 0,97
	Arroz daTerra	196,42 ^e ± 16,03	67,79 ^{ef} ± 7,34	268,59 ^b ± 16,88	139,95 ^{bc} ± 8,00	5,71 ^b ± 0,11	77,80 ^f ± 0,40
	BGA4243	234,88 ^d ± 22,12	34,84 ^{hg} ± 9,71	442,11 ^a ± 37,67	242,06 ^a ± 24,75	5,84 ^a ± 0,09	86,58 ^a ± 0,70

¹ Valores correspondem à média (n=3) ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). Classe de TA = classificação conforme teor de amilose absoluto

A Viscosidade de Quebra (VQ) ou *Breakdown* indica a resistência da pasta de amido ao aquecimento e ao cisalhamento, causada pela ruptura dos grânulos intumescidos na fase de gelatinização. Segundo Zhou et al. (2002), um maior valor de VQ indica boa qualidade de cocção, devido a sua maior resistência. Os grãos com maior VQ são mais adequados para utilização em produtos pré-cozidos. Teba, Ascheri e Carvalho (2009) afirmam que a propriedade de VQ permite avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas sob agitação mecânica, o que é importante na elaboração de alimentos pré-cozidos por indicar a capacidade do produto em se manter íntegro durante o cozimento. Os resultados para VQ para os onze genótipos de arroz (Tabela 9) foram agrupados segundo as classes de teores de amilose: genótipos com baixo TA apresentaram maiores VQ ($p < 0,05$), o que indica que estes liberam mais água após o resfriamento e apresentam uma textura mais firme e menos pegajosa em relação ao genótipos cerosos.

A Viscosidade Final (VF) indica a firmeza do amido, ou seja, a capacidade do amido de formar gel. A menor VF foi para N2583 (TA ceroso, 26,39 RVU) e a maior para BGA4243 (TA intermediário, 442,11 RVU), resultados similares aos encontrados em outros estudos, afirmando que valores mais elevados de VF indicam textura mais firme do gel e conseqüentemente dos grãos de arroz quando cozidos, devido a maior reassociação das moléculas de amilose presentes dentro dos grânulos (KONG, et al., 2015; SALEH; MEULLENET, 2007; CHAMPAGNE et al., 2004).

A Tendência à Retrogradação ou *Setback* (SB) permite avaliar o comportamento do amido durante a fase de resfriamento. Essa retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas de amido pela formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de géis (Santos, 2012). Durante o processo de retrogradação há sempre liberação de moléculas de água anteriormente ligadas às cadeias de amilose, e esse fenômeno é denominado sinerése (GOESAERT, 2005).

Os genótipos cerosos apresentaram menores valores de SB (Tabela 9), enquanto os com TA intermediário, foram obtidos maiores valores para esse parâmetro. Alguns estudos explicam que o aumento do teor de amilose aumenta a estabilidade dos grânulos à ruptura sob agitação mecânica, contribuindo para maior tendência à retrogradação, já que há uma maior quantidade de amilose lixiviada, conseqüentemente mais grânulos

inchados durante o resfriamento e maior viscosidade e firmeza (SALEH; MEULLENET, 2007; CHENG; ZHONG; ZHANG, 2005; CAMERON; WANG, 2005; CHAMPAGNE et al., 2004). Clerici e El Dash (2008) afirmaram que produtos como sopas e mingaus de preparo rápido sob aquecimento necessitam de ingrediente que apresentam baixa retrogradação durante o resfriamento. Dessa forma, uma aplicação para os grãos cerosos seria a utilização como ingredientes para elaboração desses produtos. Segundo Zhou et al. (2002) e Ong e Blanshand (1995), os valores de SB relacionam-se com a maior tendência a retrogradação e provavelmente valores mais altos também indicam textura do arroz cozido mais firme.

Em relação ao Tempo de Pico (TP), notou-se que os genótipos com maior TA apresentaram maior TP, o tempo gasto para atingir a viscosidade máxima na fase de aquecimento foi diferente para as classes de amilose. O maior TP apresentado para os genótipos pertencentes a maiores teor de amilose pode ser justificado pela maior desestruturação cristalina das células, além de menor resistência ao rompimento de sua estrutura (ASCHERI et al. 2006). O Tempo de Pico (TP) é o momento em que a viscosidade atinge o pico durante o processo de aquecimento no RVA. O genótipo N2583 mostrou o menor tempo de pico (3,18 min.), enquanto BGA4243 mostrou o mais longo (5,84 min.). Os resultados coincidiram com os de Kong et al. (2015), Saleh e Meullenet (2007), Cameron e Wang (2005), uma vez que TA maiores geram um tempo de pico maior, pois são resistentes ao rompimento, ocasionando maior absorção de água (SALEH; MEULLENET, 2007; CHENG; ZHONG; ZHANG, 2005).

A Temperatura da Pasta (PTemp) é aquela na qual os grânulos começam a inchar e aumentar a viscosidade das pastas (MUCCILLO, 2009). PTemp variou de 69,23°C (N2583) a 86,56°C (BGA4243), observando-se que os maiores valores de PTemp foram para TA intermediário, a mesma similaridade não foi encontrado no trabalho de Kong et al (2015), no qual para cultivares chinesas um maior teor de amilose em geral apresentaram menor temperatura da pasta. Jane et al.(1999) afirmam que quanto maior o teor de amilose, maior a estabilidade dos grânulos à ruptura sob agitação, pois as moléculas lineares fortemente associadas mantêm a integridade do grânulo de amido aumentando sua resistência à agitação mecânica, além de apresentarem temperaturas de pasta mais elevadas e contribuírem para a alta tendência a retrogradação, esperando-se um grão quando cozido mais firme.

Os parâmetros avaliados no RVA explicam o comportamento do amido quando este é aquecido continuamente em excesso de água com agitação. Grânulos de amido incham de forma irreversível, acompanhados por lixiviação da amilose e amilopectina solubilizadas, resultando na formação de uma pasta. Este comportamento do amido na formação da pasta auxilia na determinação da qualidade culinária e funcional do arroz, uma vez que o amido é o principal componente do grão. Ou seja, as propriedades da pasta fornecem informações a respeito da cocção, relacionando-se com aspectos de textura e coesividade (KONG et al., 2015; SALEH; MEULLENET, 2007). A amilose e seus componentes estão mais envolvidos nas propriedades de retrogradação do que a amilopectina, pois a estrutura de cadeia linear da amilose ajuda a formar ligações de hidrogênio entre as moléculas, o que contribui para formação de géis (GANI et al., 2013).

5.5 PROPRIEDADES DE TEXTURA

A qualidade culinária dos grãos está diretamente relacionada as suas características intrínsecas, como o arranjo de amido, teor de amilose e proteína, temperatura de gelatinização e processo de envelhecimento do arroz (MARSHAL; WADSWORTH, 1994). Os principais parâmetros de textura dos onze diferentes genótipos de arroz estão apresentados na Tabela 10. A caracterização culinária dos genótipos, realizada a partir do teste de panela, é expressa em termos de pegajosidade e dureza do grão após cozimento, tratando-se de uma análise subjetiva (com variáveis qualitativas). Na Tabela 6, nota-se que o grau de polimento para todos os genótipos foi similar e adequado, conforme preconizado, indicando bom controle e homogeneidade do processo de beneficiamento (PINHEIRO, 2006). É importante esse controle no beneficiamento, pois segundo alguns autores, o alto grau de polimento do arroz influencia na alta capacidade de retenção de água, taxa de inchamento, pico de viscosidade e redução do tempo ótimo de cocção (LUZ et al., 2005; MENEGETTI et al., 2005; CASTRO et al., 1999; CHAMPAGNE et al. 1997). Essa uniformidade possibilita a comparação das propriedades culinárias entre as diferentes amostras de arroz. Sendo assim, para o atributo de **dureza** do grão cozido, observou-se que os genótipos se distribuíram entre as notas 1, 2 e 3 (extremamente macio, macio e

ligeiramente macio, respectivamente). Apesar dos contrastes existentes para o teor de amilose dos genótipos, a textura do arroz cozido, com relação à dureza do grão, não apresentou diferenças significativas ($p>0,05$) com a maior parte dos genótipos apresentando grãos macios após o cozimento. Ou seja, constatou-se que amostras com valores aproximados de TA resultaram na mesma classificação para a dureza do grão cozido e ainda, que amostras de classes diferentes de TA também resultaram na mesma classificação para a dureza do grão.

Tabela 10: Propriedades de textura (sensorial e instrumental) do grão cozido e do gel do RVA de arroz de terras altas¹.

Classe de TA	Genótipo	Teste de panela*		Textura instrumental (N) de grãos cozidos		Textura instrumental (N) do gel do RVA				
		Dureza	Pegajosidade	Dureza	Pegajosidade (valor absoluto)	Dureza	Pegajosidade (valor absoluto)	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Ceroso	N2583	1,67 ^a ± 0,6	5,67 ^a ± 0,6	141,32 ^{cd} ± 3,88	22,78 ^h ± 2,11	252,09 ^f ± 109,07	125,33 ^{ab} ± 63,20	0,83 ^a ± 0,12	151,16 ^f ± 56,21	140,55 ^d ± 31,67
	BGA6030	1,33 ^a ± 0,6	5,67 ^a ± 0,6	93,99 ^f ± 11,78	12,74 ^e ± 1,50	434,49 ^{def} ± 228,83	405,85 ^{ab} ± 190,43	0,84 ^a ± 0,22	272,86 ^{ef} ± 140,99	247,27 ^{cd} ± 136,86
Baixo	Xingu	2,33 ^a ± 1,5	3,67 ^{bc} ± 0,6	158,77 ^{ab} ± 14,26	13,15 ^e ± 1,47	769,65 ^{def} ± 282,85	919,44 ^{abc} ± 273,16	0,85 ^a ± 0,21	114,25 ^{def} ± 865,34	398,15 [±] 171,33
	SBT432	3,33 ^a ± 1,2	5,00 ^{abc} ± 1,0	169,81 ^a ± 17,08	15,90 ^g ± 2,11	797,05 ^{def} ± 221,78	662,66 ^{ab} ± 458,89	0,91 ^a ± 0,0	475,96 ^{de} ± 146,71	383,17 ^{bcd} ± 163,39
	Douradão	2,00 ^a ± 0,0	4,67 ^{abc} ± 0,6	146,29 ^{cb} ± 9,24	15,17 ^{fg} ± 1,82	1051,68 ^{cde} ± 404,43	1010,09 ^{cd} ± 226,51	0,92 ^a ± 0,01	684,37 ^{abcd} ± 285,35	628,48 ^{ab} ± 264,64
	SBT282	1,67 ^a ± 0,6	4,33 ^{abc} ± 0,6	132,40 ^{de} ± 11,76	13,82 ^{ef} ± 1,69	1207,17 ^{bcd} ± 381,07	1488,77 ^{cd} ± 570,04	0,90 ^a ± 1,5	628,82 ^{bcd} ± 176,87	573,67 ^{abc} ± 171,54
	Primavera	2,00 ^a ± 0,0	3,33 ^c ± 0,6	125,11 ^e ± 10,04	6,30 ^{bc} ± 0,89	1414,59 ^{bcd} ± 733,05	2150,33 ^{ef} ± 660,85	0,84 ^a ± 0,21	751,68 ^{abcd} ± 136,53	656,38 ^{ab} ± 210,45
Inter-mediário	AcreFino	2,00 ^a ± 0,0	4,00 ^{abc} ± 0,0	147,33 ^{bc} ± 15,55	5,04 ^b ± 0,67	1653,00 ^{abc} ± 339,77	1830,20 ^{def} ± 612,98	0,87 ^a ± 1,2	620,08 ^{bcd} ± 284,79	674,78 ^{ab} ± 181,96
	Cambará	2,00 ^a ± 0,0	3,67 ^{bc} ± 0,6	130,51 ^{de} ± 11,53	7,89 ^d ± 1,19	1790,94 ^{ab} ± 569,59	2125,62 ^{ef} ± 865,34	0,81 ^a ± 0,24	803,74 ^{ab} ± 263,39	695,37 ^{ab} ± 336,87
	Arroz da Terra	3,67 ^a ± 1,5	5,33 ^{ab} ± 0,6	158,16 ^{ab} ± 14,06	7,30 ^{cd} ± 1,39	2116,93 ^a ± 394,46	2527,36 ^f ± 858,93	0,86 ^a ± 0,17	956,39 ^a ± 176,74	803,33 ^a ± 264,37
	BGA4243	2,33 ^a ± 0,6	3,67 ^{bc} ± 0,6	102,30 ^f ± 7,92	2,85 ^a ± 0,54	1770,32 ^{ab} ± 649,81	2062,60 ^{ef} ± 581,65	0,85 ^a ± 0,19	771,14 ^{abc} ± 275,09	694,83 ^{ab} ± 321,19

¹ Valores correspondem à média (n=3) ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). Classe de TA = classificação conforme teor de amilose absoluto. * 1 = extremamente pegajoso/duro a 7 = extremamente solto/macio

A maciez do arroz cozido é inversamente correlacionada com o teor de amilose presente, e o TA intermediário indica características ideais para dureza e pegajosidade, apresentando grãos cozidos soltos e macios (BASSINELO; ROCHA; COBUCCI, 2004; MARTINEZ; CUEVAS, 1989). Notou-se que não foi possível essa diferenciação para o teste de panela; quanto à forma de avaliação dessa análise, é importante observar que as diferenças entre as classes ligeiramente macios e macios são muito sutis, podendo o mesmo material ser classificado em categorias diferentes, considerando que a interpretação é bastante subjetiva. Recomenda-se, além do retreinamento do painel sensorial, um melhor ajuste da escala sensorial adotada, o que poderia melhorar essa classificação. Também se deve considerar que outros fatores, além do teor de amilose, podem estar envolvidos no perfil culinário observado. Por outro lado, Fonseca, Castro e Morais (2005) afirmam que o teste sensorial de arroz cozido contribui como mais uma ferramenta que orienta o programa de melhoramento na seleção de cultivares em termos de qualidade de grãos.

Para o atributo **pegajosidade**, os genótipos de arroz apresentaram médias de notas entre 3 a 5 (3- solto; 4- ligeiramente solto; 5- pegajoso), sendo a menor média para a amostra Primavera (3,33) e o maior valor de pegajosidade foi para as amostras N2583 e BGA6030 (5,67) (Tabela 10). As amostras pertencentes à classe de TA ceroso foram consideradas mais pegajosas que as pertencentes às classes de TA baixo e intermediário. Esses resultados também foram obtidos por outros autores (YU; MA; SU, 2009; SING et al., 2005), os quais demonstraram que grãos de TA ceroso tendem a ser macios, aquosos e pegajosos.

Segundo Fonseca, Castro e Morais (2005), a pegajosidade ou adesividade é um atributo que está relacionado com o teor de amilose, sendo que variedades de arroz com teores de amilose intermediários a altos dão origem a produtos mais soltos. Além disso, conforme Jennings, Coffman e Kauffman (1979), o aumento da pegajosidade do arroz cozido, ou seja, a redução da intensidade com que os grãos ficam soltos se dá principalmente pela lixiviação da amilose do grânulo de amido para a água de maceração durante a gelatinização, formando um filme de revestimento que aumenta significativamente a pegajosidade. De acordo com Lima et al. (2006) apesar de ser um teste subjetivo, o painel sensorial treinado detectou valores diferentes de pegajosidade,

indicando que para este atributo a classificação pelos provadores foi mais diferenciada do que a dureza dos grãos.

Baseado no teste de textura instrumental procurou-se revelar uma diferença mais precisa nos parâmetros de dureza e pegajosidade dos onze genótipos de arroz de terras altas, sem a interferência da subjetividade do painel treinado da análise de cocção. De acordo com Zavareze et al. (2010), a dureza instrumental é a força necessária para atingir uma dada deformação; enquanto a pegajosidade é a força medida de adesão após a compressão de uma amostra, estando correlacionadas com a força para morder e comprimir o alimento na boca.

O teste instrumental para análise de textura mostrou variação significativa ($P \leq 0,05$) para os atributos de dureza e pegajosidade dos onze genótipos de arroz cozido (Tabela 8). A menor dureza foi de 102,30N para BGA4243, e maior valor 169,81N para SBT432; em relação à pegajosidade houve variação de 2,85N (BGA4243, TA intermediário) a 22,78N (N2583, TA ceroso). Para os genótipos estudados, o teste instrumental mostrou-se relacionado com o teste de panela, no qual os maiores valores na escala sensorial (3,33 para o genótipo SBT432) apresentaram maior valor na escala de dureza instrumental (169,81 N). Para o atributo pegajosidade também foi encontrada esta relação, na qual grãos cerosos (N2583 e BGA6030) apresentaram maiores valores medidos em texturômetro, indicando que este método auxilia na investigação mais coerente e adequada do comportamento culinário dos grãos de arroz.

Observou-se também que a relação entre TA e os atributos de textura parece válida somente para os genótipos de teores de amilose cerosos, ou seja, na ausência de amilose os grãos possuem menor dureza e maior pegajosidade, já os genótipos com TA baixo e intermediário não seguiram um padrão de comportamento para esses parâmetros. Essa falta de relação também foi reportada por outros autores, que afirmam que as características culinárias não podem ser atribuídas unicamente ao teor de amilose, uma vez que nem todos os genótipos de classe baixa de teor de amilose tiveram menor dureza e maior pegajosidade que os genótipos de classe intermediária.

Novos estudos indicam que a base da diferença de propriedades de textura de arroz cozido encontra-se principalmente nas diferenças na proporção do comprimento de cadeias lineares tanto da amilose quanto da amilopectina. Quanto maior for a proporção destas cadeias, mais firme (dureza) será a textura do arroz cozido e vice-versa; além disso, a variação na estrutura fina de componentes do amido pode estar

relacionada com outras propriedades funcionais dos amidos de arroz respectivos, além da textura do arroz cozido (KONG et al; 2015; YU; MA; SU, 2009; SALEH; MEULLENET, 2007; CAMERON; WANG, 2005; CHENG; ZHONG; ZHANG, 2005).

As propriedades de textura do gel de arroz obtido após teste no RVA refletem o desempenho de géis de farinha em relação à resistência, compressão, rigidez e elasticidade para se ter um conhecimento das propriedades sensoriais das farinhas de arroz (SESMAT; MEULLENET, 2001). Elas são dependentes dos constituintes do amido, da amilose, do volume e deformação dos grânulos e da interação entre as fases contínuas e dispersas (CHOI; KERR, 2003).

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto ao atributo dureza entre os onze genótipos de arroz (Tabela 9), nos quais maior dureza foi encontrada para genótipos com TA intermediário. Os valores de dureza superiores para os genótipos pertencentes à classe intermediária de amilose podem ser justificados pelos maiores valores de Viscosidade Final e Tendência a Retrogradação obtidos para esses genótipos. A análise de perfil de textura foi realizada nas pastas de amido que já sofreram o processo de retrogradação, o qual associado com a cristalização da amilose num curto período de tempo leva a géis mais duros (KONG et al., 2015; MIR; BOSCO, 2014). Pegajosidade ou adesividade é o trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a de outros materiais, com os quais o alimento entra em contato. Os genótipos apresentaram diferenças significativas conforme apresentado na Tabela 9, sendo o maior valor (2527,36N) para o genótipo Arroz da Terra (TA intermediário) e o menor (22,78N), para o genótipo N2583 (TA ceroso). Esse resultados indicam que os géis possuem textura divergente em relação à classe de amilose agrupada; quanto maior o TA maior foi a pegajosidade dos géis.

Bueno (2008) encontrou um comportamento contrário para pegajosidade e elasticidade em relação ao TA, no qual géis com menores TA apresentaram maior pegajosidade e elasticidade do gel. Sendo assim, os fatores que podem causar a diferença nesses atributos vão além da diferenciação do conteúdo de amilose, como também com a relação entre as cadeias de amilopectina curtas/longas e a estrutura do grânulo podem interferir nas propriedades de textura do gel (ZAVAREZE et al. (2010; CHENG et al., 2005).

Os dois parâmetros coesividade e mastigabilidade dos géis tiveram relação com as forças simuladas para romper as ligações internas do gel e foram proporcionais ao

TA dos grãos (Tabela 10), ou seja, à medida que o TA aumentou, maiores foram a coesividade e mastigabilidade dos géis dos genótipos de arroz. Bueno (2008) afirma que esse fato permite verificar que quanto maior TA, maior enrijecimento dos grânulos de amido, suprimindo a sua flexibilidade, o que causa o esmagamento e ruptura do gel durante sua compressão. Por outro lado, os grãos contendo baixo TA são mais plásticos e permanecem flexíveis após a primeira compressão.

5.6 DISTRIBUIÇÃO DO COMPRIMENTO DAS CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA

A proporção de cadeias ramificadas curtas e longas da amilopectina é responsável pela forma da molécula, o que afeta diretamente seu empacotamento, além de afetar sua morfologia e o tamanho do grânulo (SINH et al., 2010). O comprimento dessas ramificações influencia as propriedades de gelatinização e retrogradação de pasta dos amidos, contribuindo para aumentar a textura, a consistência do gel e viscosidade da pasta, além de tender a um aumento no teor de amilose (JANE et al., 1999; TUAÑO et al., 2011).

O perfil da distribuição dos comprimentos das cadeias ramificadas da amilopectina dos amidos de onze genótipos de arroz de terras altas apresentou distribuição bimodal, com o primeiro pico ocorrendo no GP 12 (Grau de Polimerização), e o segundo no GP 39, como observado na Figura 8.

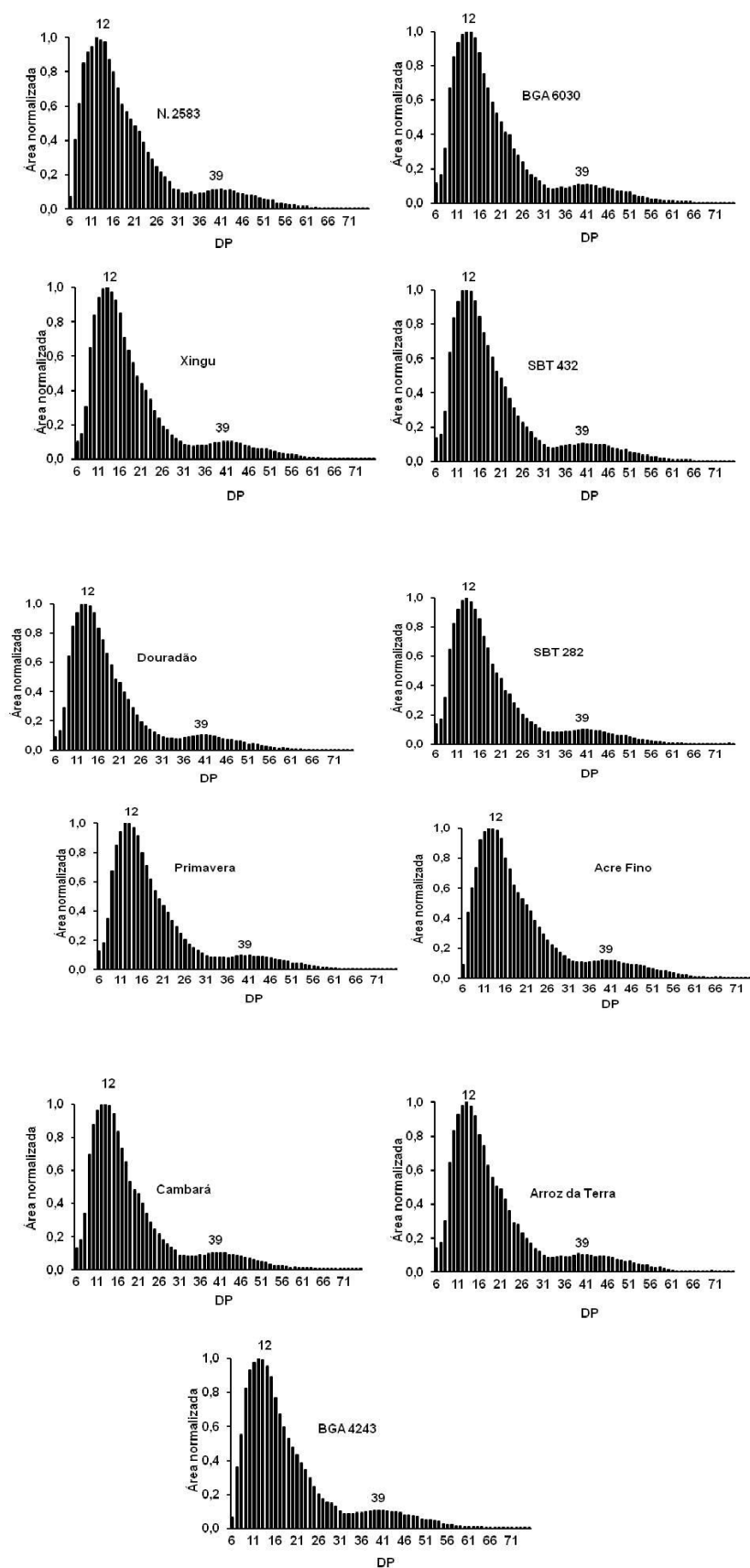


Figura 8. Distribuição dos comprimentos das cadeias ramificadas da amilopectina (Degree of Polymerization - DP) dos amidos dos genótipos.

De modo geral, verificou-se maior variação em relação ao número de cadeias curtas (GP 6-12 e GP 13-24), conforme Tabela 11, enquanto para as cadeias longas (GP > 25) não foram detectadas diferenças significativas entre os diferentes amidos de arroz. Estes resultados foram similares aos relatados por Tũaño et al. (2011), Nakamura, Sato e Juliano (2006) e, contrários ao trabalho de Cuevas et al. (2010), no qual relataram diferenças no conteúdo de GP 24-35 de amilopectina entre variedades de arroz. Para a cadeia curta (GP 6-12), o amido do genótipo BGA4243 (TA intermediário) apresentou maior proporção (30,37%) e o amido de BGA6030 (TA ceroso) apresentou a menor (25,98%).

Os valores médios e os desvios-padrão das distribuições do comprimento de cadeias de amilopectina para os genótipos são apresentadas a seguir na Tabela 11.

Tabela 11: Distribuição do comprimento das cadeias ramificadas da amilopectina para onze genótipos de arroz de terras altas¹.

Classe de TA	Genótipo	Distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina (%)				
		GP 6-12	GP 13-24	GP 25-36	GP >37	CL
Ceroso	N2583	29,87 ^{abc} ± 0,0	47,84 ^b ± 0,00	11,17 ^a ± 0,00	11,11 ^a ± 0,00	19,67 ^a ± 0,00
	BGA6030	25,98 ^d ± 0,49	51,55 ^a ± 0,44	11,24 ^a ± 0,32	11,22 ^a ± 0,61	20,03 ^a ± 0,29
Baixo	Xingu	27,05 ^{cd} ± 0,34	52,44 ^a ± 0,21	9,94 ^a ± 0,11	10,57 ^a ± 0,02	19,56 ^a ± 0,28
	SBT432	26,34 ^d ± 0,17	52,28 ^a ± 0,29	10,61 ^a ± 0,21	10,77 ^a ± 0,26	19,78 ^a ± 0,14
	Douradão	26,92 ^{bcd} ± 0,0	52,76 ^a ± 0,0	10,01 ^a ± 0,00	10,31 ^a ± 0,00	19,48 ^a ± 0,00
	SBT282	26,90 ^{cd} ± 0,56	52,17 ^a ± 0,21	10,39 ^a ± 0,04	10,53 ^a ± 0,39	19,62 ^a ± 0,21
	Primavera	28,15 ^{abcd} ± 0,06	51,03 ^a ± 0,03	10,41 ^a ± 0,04	10,41 ^a ± 0,05	19,47 ^a ± 0,03
	AcreFino	29,76 ^{ab} ± 1,21	48,08 ^b ± 0,95	11,40 ^a ± 0,78	10,76 ^a ± 1,38	19,52 ^a ± 0,74
Intermediário	Cambará	28,11 ^{abcd} ± 0,33	51,05 ^a ± 0,10	10,27 ^a ± 0,26	10,57 ^a ± 0,03	19,52 ^a ± 0,04
	Arroz da Terra	26,46 ^{cd} ± 0,0	50,91 ^a ± 0,00	11,12 ^a ± 0,0	11,50 ^a ± 0,00	20,11 ^a ± 0,00
	BGA4243	30,37 ^a ± 0,59	47,78 ^b ± 0,34	10,87 ^a ± 0,48	10,98 ^a ± 0,45	19,52 ^a ± 0,03

¹ Valores correspondem à média (n=3) ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). Classe de TA = classificação conforme teor de amilose absoluto. GP- Grau de Polimerização. CL = cadeias longas

As maiores porcentagens de distribuição de comprimento de cadeias ramificadas de amilopectina foram para GP 13-24, sendo o maior valor 52,76% para Douradão (TA baixo) e o menor 47,78% para BGA4243 (TA intermediário). Esse perfil de distribuição de cadeias com GP 13-24 foi relatado como padrão para amido de arroz, enquanto que amidos característicos para cadeias curtas (GP 11-16) são observados em trigo e cevada

e, para GP < 25 em fécula de batata, segundo os estudos de Jane et al. (1999) e Hanashiro, Abe e Hizukuri(1996), respectivamente.

De forma geral, observou-se que os genótipos com TA intermediários apresentaram maiores valores para GP 6-12, já os genótipos com baixo conteúdo de amilose obtiveram menores valores para GP 25-26, e os grãos cerosos apresentaram alto GP>37. De acordo com pesquisas, a dureza dos géis é causada pela retrogradação, associada à sinerese e à cristalização da amilopectina, ou seja, amidos que possuem géis mais duros geralmente possuem maiores porcentagens de cadeias longas de amilopectina (TUAÑO et al., 2011; NAKAMURA; SATO; JULIANO, 2006; JANE et al.,1999)

5.7 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES PROPRIEDADES

Os coeficientes de correlação de Pearson para a relação entre as diferentes propriedades físicas, físico-químicas e de textura para os onze genótipos de arroz de terras altas são mostrados no gráfico de calor (Figura 9) a seguir.

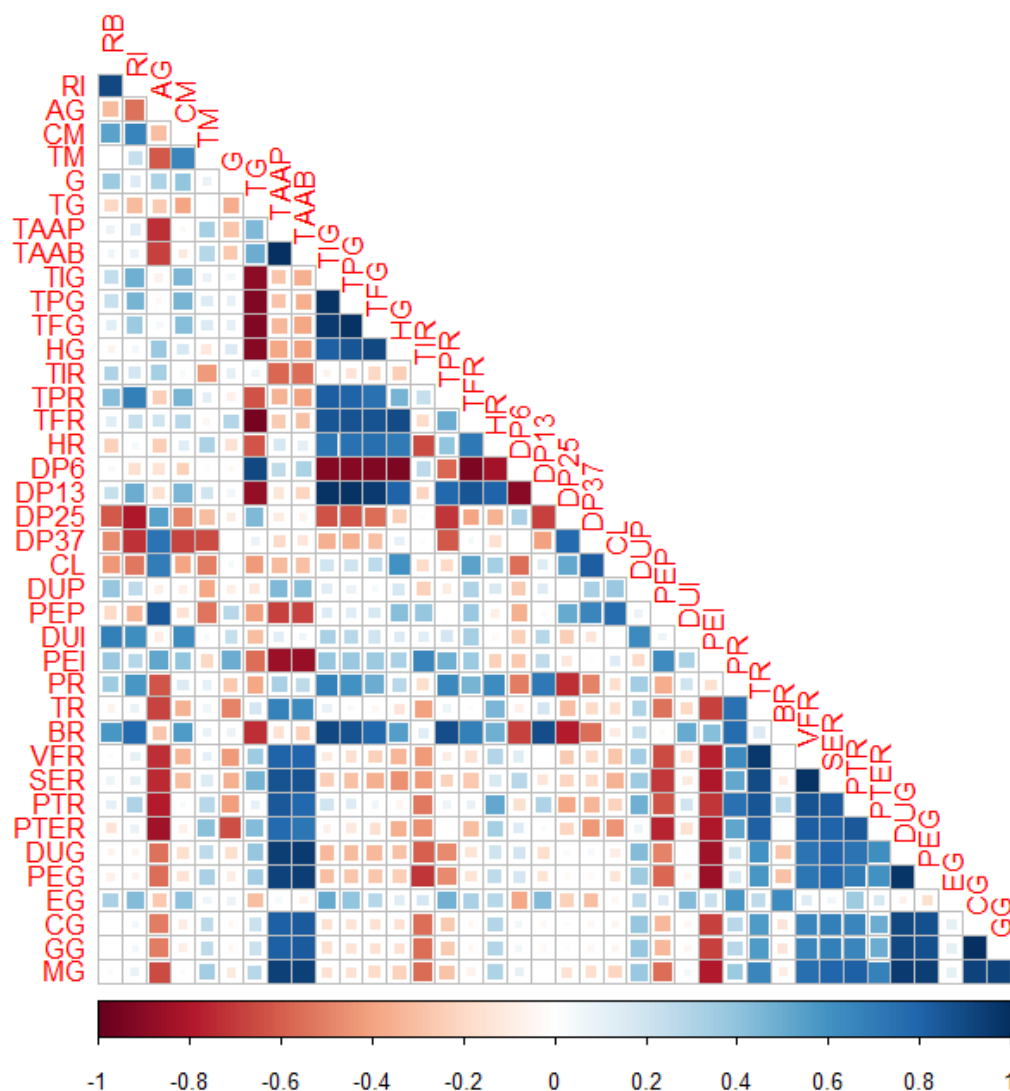


Figura 9: Gráfico de calor para a matriz de correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas e de textura para onze genótipos de arroz de terras altas.

Legenda: **(RB)** Renda do Benefício; **(RI)** Rendimento de Inteiros; **(AG)** Área gessada total; **(CM)** Comprimento; **(TM)** Tamanho (C/L); **(G)** Grau de polimento; **(TG)** Temperatura de Gelatinização por dispersão alcalina; **(TAAP)** Teor de Amilose Aparente; **(TAAB)** Teor de Amilose Absoluto; **(TIG)** Temperatura inicial de gelatinização; **(TPG)** Temperatura de pico de gelatinização; **(TFG)** Temperatura final de gelatinização; **(HG)** Entalpia de gelatinização ΔH ; **(TIR)** Temperatura inicial de retrogradação; **(TPR)** Temperatura de pico de retrogradação; **(TFR)** Temperatura final de retrogradação; **(HG)** Entalpia de retrogradação; Distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina: **(DP6)** DP 6-12, **(DP13)** DP 13-24, **(DP25)** DP 25-36, **(DP37)** DP >37, **(CL)** CL; **(DUP)** Dureza (Teste de panela); **(PEP)** Pegajosidade (Teste de panela); **(DUI)** Dureza (Teste Instrumental); **(PEI)** Pegajosidade (Teste Instrumental); **(PR)** Pico de viscosidade RVA; **(TR)** Viscosidade mínima RVA; **(BR)** Viscosidade de Quebra RVA; **(VFR)** Viscosidade Final RVA; **(SER)** Tendência a Retrogradação RVA; **(PTR)** Tempo de Pico RVA; **(PTR)** Temperatura da Pasta RVA; **(DUG)** Dureza Gel do RVA; **(PEG)** Pegajosidade Gel do RVA; **(EG)** Elasticidade Gel do RVA; **(CG)** Coesividade Gel do RVA; **(GG)** Gomosidade Gel do RVA; **(MG)** Mastigabilidade Gel do RVA.

A partir da análise dos resultados apresentados no gráfico de calor para a matriz de correlação (Figura 9) é possível prever alguns parâmetros que podem ser selecionados para uso na rotina por meio dos altos valores de correlação. No tocante às propriedades físicas, nota-se que a área gessada total (AG) obteve uma correlação negativa com os parâmetros das propriedades físico-químicas e de textura, ou seja, esse resultado indica que a busca por materiais genéticos com melhores propriedades culinárias pode se basear na análise física da área gessada total. Uma das justificativas dessa correlação negativa é explicada por Cazetta et al (2006), que devido a estrutura desordenada e presença de espaços de ar nos grãos fazem com que seja afetada a qualidade culinária do arroz.

Os valores da escala de notas da temperatura de gelatinização por dispersão alcalina (TG) correlacionaram-se negativamente com as propriedades de gelatinização e retrogradação medidas no DSC e, com os tamanhos das cadeias de amilopectina medidos em cromatógrafos.

Desta maneira, nota-se que a análise de temperatura de gelatinização por dispersão alcalina apesar de mais simples e robusta prediz o comportamento culinário do arroz em an. Outros relatos como o de Bao et al. (2009), Denardin e Silva (2009) e Yamin et al. (1999) mostraram que a distribuição de cadeias médias de amilopectina foi também correlacionada com a temperatura de gelatinização e propriedades térmicas, uma vez que os diferentes tamanhos de ramificação das cadeias de amilopectina irão interferir na lixiviação. Isso significa que tamanhos menores de ramificação da amilopectina presentes na periferia podem ser lixiviados para fora do grânulo para a fase aquosa juntamente com a amilose na etapa de gelatinização do amido, provocando maior redução da intensidade com que os grãos ficam soltos, formando um filme de revestimento que aumenta significativamente a pegajosidade e ao aumento na viscosidade do meio.

A matriz de correlação mostrou a elevada correlação positiva entre o teor de amilose absoluto (TAAB), teor de amilose aparente (TAAP) e as propriedades de pasta medido no RVA (viscosidade mínima (TR), viscosidade final (VFR), tendência a retrogradação (SER), tempo de pico (PTR) e temperatura da pasta (PTER)). Todos esses parâmetros correlacionaram-se negativamente com as análises de pegajosidade instrumental e sensorial. Desta forma, ambas as análises de teor de amilose (Absoluto e Aparente) indicam a predição do comportamento culinário de grãos de arroz, no qual se espera para maiores teores de amilose, grãos com maiores propriedades de pasta e menor pegajosidade. Essas correlações confirmam o comportamento das propriedades do arroz, uma vez que o maior conteúdo de

amilose causa maior inchamento dos grânulos, com uma maior reestruturação das moléculas de amilose formando géis mais firmes (ANACLETO et al., 2015; LIMA et al., 2006; JULIANO, 1998).

No que se refere às características de textura do gel do RVA (dureza (DUG), pegajosidade (PEG), coesividade (CG) e mastigabilidade (MG)), obteve-se correlação positiva com teor de amilose e parâmetros de RVA. Correlações similares foram encontradas por Kong, et al. (2015), Mir e Bosco (2014) e Noda et al. (2003), os quais afirmam que o maior TA causa maior retrogradação dos géis devido à cristalização da amilose, levando a géis mais duros em um curto período de tempo. Reforçam, ainda, a importância da avaliação do conteúdo de amilose nos programas de melhoramento para seleção de genótipos com bons resultados para o perfil de culinário que atenda à exigência do mercado consumidor.

Observa-se a correlação positiva entre os tamanhos diferentes das cadeias de amilopectina com os parâmetros de textura sensorial (pegajosidade), ou seja, apesar de uma análise qualitativa de pegajosidade realizada por painel treinado esta pode prever o comportamento do tamanho de distribuição das cadeias de amilopectina. Notou-se também a correlação positiva entre as análises de textura pelo método sensorial e instrumental, com uma correlação para dureza e pegajosidade instrumental, com os respectivos atributos de textura sensorial, mostrando que a análise instrumental pode prever o comportamento culinário do arroz de acordo com o teste sensorial realizado por painel treinado. Ou seja, espera-se que grãos mais pegajosos tenham menor viscosidade e menor tendência a retrogradação devido principalmente ao menor teor de amilose e menor formação de gel durante a retrogradação (Figura 9).

A fim de agrupar os genótipos segundo a variação das características avaliadas referentes às análises físico-químicas e de textura, foi utilizada a análise de componentes principais (ACP). O primeiro resultado a ser avaliado corresponde aos autovalores, que nada mais são do que a porcentagem de explicação de cada eixo da componente principal, ou seja, a porcentagem de variação nos dados que o eixo explica. Considerando-se que a análise de componentes principais foi realizada a partir dos dados padronizados (média igual a zero e variância igual a um), apenas foram consideradas significativas as componentes principais que apresentaram autovalores maiores que 1,00. A Análise de Componentes Principais (**Figura 10**) permitiu observar a formação de agrupamentos de acordo com as similaridades, dentre as análises realizadas.

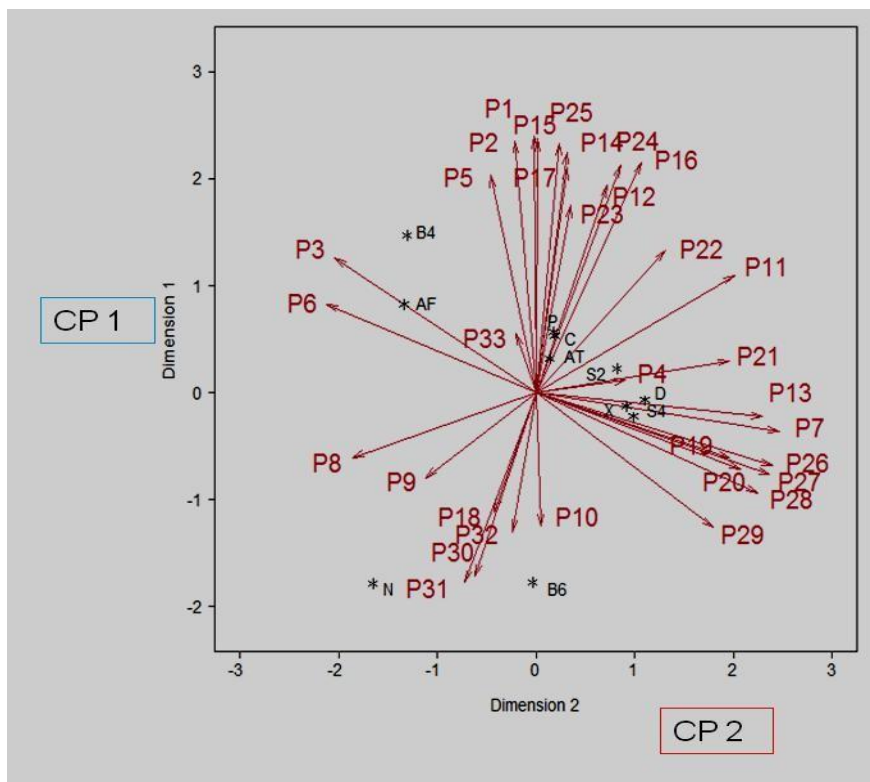


Figura 10: Análise de componentes principais das análises realizadas em onze genótipos de arroz de terras altas. Legenda: **(N)** N2583, **(B6)** BGA6030, **(S4)** SBT432, **(X)** Xingu, **(D)** Douradão, **(S2)** SBT282, **(AT)** Arroz da Terra, **(P)** Primavera, **(C)** Cambará, **(AF)** AcreFino, **(B4)** BGA4243. CP 1(Componente Principal 1); CP 2(Componente Principal 2);

Entre os atributos avaliados nos onze genótipos, as características agrupadas negativamente em relação a componente principal 1 (Dimension 1- CP1) foram em destaque para os parâmetros de propriedades térmicas de gelatinização (P18) e retrogradação (P30, P31 e P32). Enquanto o agrupamento positivo maior foi em relação ao teor de amilose absoluto (P2) e aparente (P1), RVA: viscosidade final (P14), tendência a retrogradação (P15), temperatura da pasta (P17); temperatura de retrogradação final (P24) e entalpia de retrogradação (P25), observando assim como mostrado na correlação de Pearson o agrupamento entre teor de amilose e propriedades da pasta medidas no RVA.

A componente principal 2 foi para os parâmetros de comprimento das cadeias de amilopectina de tamanhos DP 6-12(P6) e DP 25-36(P8) e temperatura de gelatinização por dispersão alcalina (P3) ou seja, a temperatura de gelatinização indica o tamanho do comprimento das cadeias de amilopectina. E os agrupamentos positivos foram para pico de viscosidade (P11), quebra da viscosidade (P13) propriedades térmicas de gelatinização (P26, P27, P28 E P29) e retrogradação (P21) e os comprimentos de cadeia da amilopectina DP13-24 (P7).

O resumo dos agrupamentos das duas primeiras componentes principais (CP1 e CP2) responsáveis por 66,5% da variância total (**Figura 11**) separou os genótipos com base, principalmente, no teor de amilose, gelatinização do amido, características de viscosidade e o comprimento da cadeia da amilopectina.

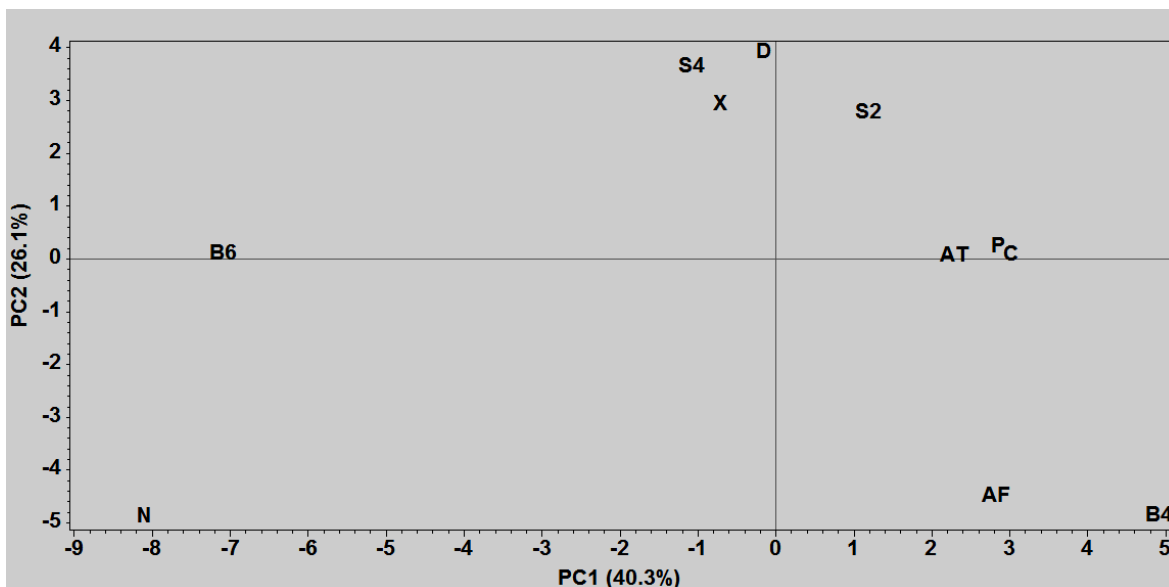


Figura 11: Gráfico de análise de componentes principais dos atributos físico-químicos e de textura aplicada a onze genótipos de arroz de terras altas. Legenda: **(N)** N2583, **(B6)** BGA6030, **(S4)** SBT432, **(X)** Xingu, **(D)** Douradão, **(S2)** SBT282, **(AT)** Arroz da Terra, **(P)** Primavera, **(C)** Cambará, **(AF)** AcreFino, **(B4)** BGA4243. PC1(Componente Principal 1); PC2(Componente Principal 2);

Dessa forma, os genótipos de arroz ceroso N2583 e BGA6030 foram posicionados na extremidade esquerda da Figura 11, devido à característica de ausência de amilose, baixas viscosidade final e tendência a retrogradação do amido e menor textura do gel (adesividade e coesividade). Genótipos AcreFino e BGA4243 foram localizados na extremidade direita, devido a características opostas às de N2583 e BGA6030, ou seja, alto teor de amilose, alta viscosidade do amido e maior textura gel.

A alta temperatura de gelatinização (ASV - dispersão alcalina) separou os genótipos (N2583, AcreFino e BGA4243) do restante dos genótipos, para a Componente Principal 2 ($y = CP2$), Figura 12. Da mesma forma, os genótipos BGA6030, Arroz da Terra, Primavera e Cambará foram situados no meio ($y = 0$) ao longo do eixo CP2 em função de suas características de tamanho de comprimento médio da cadeia de amilopectina ($DP_{13} = 50-52\%$), quebra de viscosidade do amido ($QV = 64-82$ RVU), e temperatura inicial de gelatinização ($Tig = 67-71,5^{\circ}C$). O maior comprimento de cadeia de amilopectina ($DP \geq 52\%$) para os genótipos Xingu, SBT282, SBT432 e Douradão agrupou-os no topo de CP2, devido a

sua elevada viscosidade do amido: pico de viscosidade (PV > 215 RVU) e quebra de viscosidade (BV > 100 RVU).

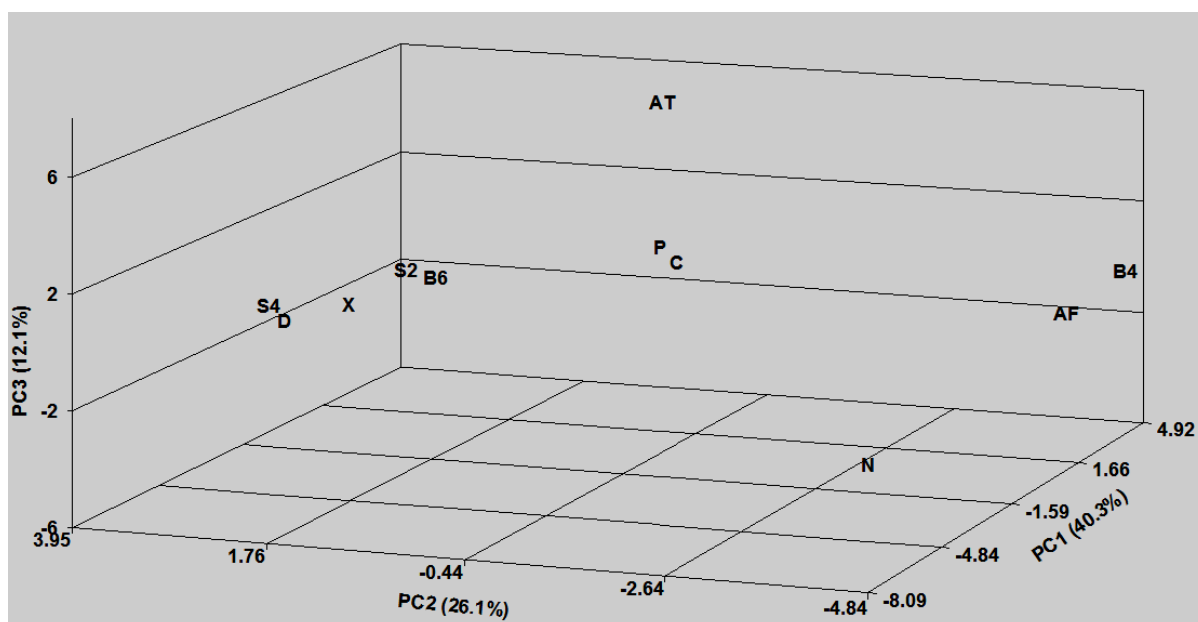


Figura 12: Gráfico tridimensional de análise de componentes principais dos atributos físico-químicos e de textura aplicada a onze genótipos de arroz de terras altas. Legenda: **(N)** N2583, **(B6)** BGA6030, **(S4)** SBT432, **(X)** Xingu, **(D)** Douradão, **(S2)** SBT282, **(AT)** Arroz da Terra, **(P)** Primavera, **(C)** Cambará, **(AF)** AcreFino, **(B4)** BGA4243. PC1(Componente Principal 1); PC2(Componente Principal 2); PC3(Componente Principal 3);

O gráfico tridimensional (Figura 12) ilustra a distribuição dos genótipos com base nas três componentes principais (CP1, CP2 e CP3). Os grupos (SBT432, Douradão, Xingu, SBT282; Primavera e Cambará; e BGA4243 e AcreFino) foram mantidos devido à diferenciação de Arroz da Terra do agrupamento dos genótipos Primavera e Cambará. A terceira componente principal também agrupou os genótipos BGA6030 com o SBT432, Douradão, Xingu e SBT282. Genótipos de Arroz da Terra e N2583 apresentaram contraste, devido às suas características de textura de gel, localizando-se nos extremos opostos uns dos outros. Os genótipos SBT432, Douradão, Xingu, SBT282 e BGA6030 tiveram a menor gelatinização do amido (TG), explicando assim sua proximidade.

Em resumo, foi possível notar que, por meio dos dados resultantes tanto da correlação quanto da análise de componentes principais, algumas características como área gessada total, teor de amilose aparente, temperatura de gelatinização e parâmetros de RVA podem prever preliminarmente o comportamento culinário dos grãos. Portanto, acredita-se que o uso de análises mais simples, que utilizam pouca quantidade de amostra e de custos relativamente baixos, pode ser recomendado nas etapas iniciais de seleção de linhagens/genótipos com qualidade de grãos desejável, para avanço no programa de melhoramento genético. ,

5.8 VALIDAÇÃO DE MARCADORES PARA QUALIDADE DE GRÃOS

5.8.1 Otimização de reações PCR de marcadores associados a caracteres físico-químicos e culinários para a cultura do arroz

Um conjunto de oito marcadores moleculares, previamente associados a caracteres de qualidade de grãos para a cultura do arroz, foi selecionado para sua validação. Entre os marcadores selecionados, cinco relacionavam-se com caracteres físico-químicos e três a aspectos culinários da cultura do arroz.

Quando avaliados pela eficiência de amplificação, os marcadores RM197, OSR21, SBE1 e o conjunto F7, F22, R1 e R21 não produziram fragmentos claros e específicos. A partir deste resultado, as condições de amplificação foram alteradas. Para todos esses marcadores foram testadas diferentes temperaturas de anelamento, concentração de *primers* e DNA. Além disto, aqueles marcadores (F7, F22, R1 e R21; e SBE1) em que se utilizavam enzimas de restrição em seus protocolos, condições alteradas. Diante da possibilidade de erro de síntese, novos *primers* também foram solicitados. Mesmo após a etapa de otimização das condições de amplificação, esses marcadores (F7, F22, R1 e R21; e SBE1) não apresentaram a presença de produtos amplificados ou a presença de produtos específicos. Os marcadores RM197 e SBE1 não apresentaram produtos amplificados adequados para seu sequenciamento (produtos inespecíficos), enquanto os marcadores OSR21 e o conjunto F7, F22, R1 e R21 não produziram produtos amplificados.

Já os marcadores moleculares RM190, SBE3, Wx e Wx10 apresentaram produtos amplificados claros e específicos, adequados à sua avaliação. Todos esses marcadores apresentaram padrões de amplificação seguindo àqueles identificados pelos autores originais. A única exceção em relação ao padrão de alelos identificados foi o marcador RM190, em que foram identificados cinco diferentes alelos. Esta diferença, porém, pode ser explicada diante do pool gênico avaliado por Ayres et al (1997), que era composto por 92 cultivares que representavam parte do germoplasma utilizado por programas de melhoramento americano.

Em relação à possibilidade de variação entre plantas de um mesmo genótipo observou-se que houve alta frequência de repetibilidade dos resultados entre as diferentes plantas pertencentes ao mesmo genótipo para os marcadores testados (Tabela 12). Os únicos genótipos em que se observaram diferenças entre as plantas avaliadas foram Primavera e Douradão, para os marcadores Wx e RM190 e RM190, respectivamente.

Tabela 12: Padrão alélico obtido para os marcadores W_x, W_{x10}, SBE3 e RM190 de onze genótipos pertencentes ao sistema de cultivo de terras altas. As marcações com asterisco (*) indicam o polimorfismo do tipo SNP identificado.

Genótipo	n [#]	Marcador			
		W _x *	W _{x10} **	SBE3***	RM190
SBT432	1	300	-	700	120/120
	2	300	320-200	700	120/120
	3	300	320-200	700	120/120
	4	300	320-200	-	120/120
Douradão	1	300	320-200	700	116/120 ^Δ
	2	300	320-200	700	116/120 ^Δ
	3	300	320-200	700	120/120
	4	300	320-200	700	120/120
Xingu	1	300	320-200	500	120/120
	2	300	320-200	500	120/120
	3	300	320-200	500	120/120
	4	300	320-200	500	120/120
BGA4243	1	200	900	700	106/106
	2	-	900	700	106/106
	3	200	900	700	106/106
	4	200	900	700	106/106
BGA6030	1	300	320-200	700	120/120
	2	300	320-200	700	120/120
	3	300	320-200	700	120/120
	4	300	320-200	700	120/120
Arroz da Terra	1	-	320-200	500	100/100
	2	200	320-200	500	100/100
	3	200	320-200	500	100/100
	4	200	320-200	500	100/100
Acrefino	1	200	320-200	500	104/104
	2	200	320-200	500	104/104
	3	200	320-200	-	104/104
	4	200	320-200	500	104/104
Primavera	1	200	320-200	700	116/116
	2	300 ^Δ	320-200	700	116/120 ^Δ
	3	200	320-200	700	116/116
	4	200	320-200	700	116/116
SBT282	1	300	320-200	500	120/120
	2	300	320-200	500	120/120
	3	300	320-200	500	120/120
	4	300	320-200	500	120/120
Cambará	1	200	320-200	700	116/116
	2	200	320-200	700	116/116
	3	200	320-200	700	116/116
	4	200	320-200	700	116/116
N. 2583	1	300	320-200	500	116/116
	2	300	-	500	116/116
	3	300	-	500	116/116
	4	-	-	500	116/116

[#] Identificação das quatro diferentes plantas representantes de cada genótipo;

* 200 = G; 300 = T;

** 320-200 = C; 900 = T;

*** 500 = G; 700 = C;

^Δ Plantas representantes dos genótipos que apresentaram perfil alélico diferenciado.

5.8.2 Associação entre parâmetros fenotípicos e genotípicos

Verificaram-se, no total, 35 associações significativas entre os quatro marcadores e os caracteres avaliados (Tabela 13 e 14). O marcador RM190 apresentou o maior número de associações significativas (14), enquanto os marcadores SBE3, Wx10 e Wx exibiram, respectivamente, uma, nove e onze associações significativas. Foi considerado arbitrariamente neste estudo o valor de 0,7 para o R^2 , ou seja, estipulou-se que os marcadores a serem indicados para o programa de seleção assistida explicassem no mínimo 70% da variação do caráter.

O marcador RM190, por exemplo, explicou 88% da variação da temperatura de pico (Temperatura de Gelatinização por DSC) e também explicou 99% da Temperatura de Gelatinização por dispersão alcalina de onze cultivares de arroz de terras altas. Ou seja, o marcador RM190 se correlacionou com o caractere TG mesmo quando este foi determinado por diferentes metodologias. Os trabalhos de Borba et al. (2010), Chen et al. (2008), Bergman et al. (2001) e Ayres et al. (1997) relataram uma ampla associação do RM 190 com TA para diferentes sistemas de plantio e diversidade de genótipos não cerosos. Bao et al.(2006) analisaram um painel de 499 acessos não cerosos com o marcador RM190 e identificaram 10 alelos que juntos representaram quase 90% da variação do teor de amilose aparente enquanto para este estudo, este mesmo marcador explicou 42% do teor de amilose aparente. As diferentes associações entre o RM190 e os diferentes caracteres, registradas neste trabalho, podem ser explicadas pelas diferenças na composição dos *pool* gênicos utilizados, pelas metodologias aplicadas na avaliação dos caracteres e pelas metodologias utilizadas nas análises de associação. Apesar da associação entre o marcador RM190 e os caracteres teor de amilose aparente e absoluto ter sido significativa, estas não foram consideradas pela proporção da variação explicada pelo marcador, respectivamente, 0,42 e 0,48.

O marcador Wx, o segundo em número de associações identificadas, explicou 72% da variação para o caráter teor de amilose absoluto para onze genótipos de arroz. Estes resultados foram similares aos encontrados por Ayres et al. (1997), em que 82,9% da variação do teor de amilose aparente foi explicado por este mesmo marcador, assim como Chen et al. (2008), com 76,6%. O marcador Wx e o RM190, historicamente, explicam uma grande proporção do caractere teor de amilose, pois estes estão localizados dentro do gene *Waxy*, o qual está fortemente relacionado à rota metabólica da síntese do amido.

Tabela 13: Associação do marcador RM190 aos caracteres relacionados a aspectos culinários e tecnológicos do arroz.

Marcador RM190													
Caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica	Caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica
Coesividade (textura gel do RVA)	0,00284	0,42	4	104:104	-86,7	620,08	Pegajosidade (Textura Instrumental) (RVA)	0,00054	0,42	4	104:104	5,0	86,38
			4	100:100	249,6	956,39				4	100:100	-3,5	77,80
			4	106:106	64,3	771,14				4	106:106	5,2	86,58
			18	120:120	-299,2	372,97				18	120:120	-0,8	80,60
			11	116:116	-154,6	568,86				11	116:116	-3,4	78,36
			3	116:120	0,0	684,37				3	116:120	0,0	80,57
Teor de Amilose Aparente	0,00273	0,42	4	104:104	6,7	20,44	Pegajosidade (Textura Instrumental)	0,0003	0,49	4	104:104	-7,2	5,04
			4	100:100	5,9	19,63				4	100:100	-4,9	7,30
			4	106:106	6,6	20,29				4	106:106	-9,4	2,85
			18	120:120	-4,5	8,88				18	120:120	1,8	13,90
			11	116:116	-2,1	12,11				11	116:116	0,7	12,32
			3	116:120	0,0	11,56				3	116:120	0,0	15,17
Teor de Amilose Absoluto	0,0004	0,48	4	104:104	7,0	20,48	Viscosidade revés (RVA)	0,00007	0,52	4	104:104	15,4	128,10
			4	100:100	7,5	21,04				4	100:100	27,3	139,95
			4	106:106	8,8	22,29				4	106:106	129,4	242,06
			18	120:120	-5,5	7,70				18	120:120	-14,2	98,35
			11	116:116	-0,8	13,23				11	116:116	-19,9	96,62
			3	116:120	0,0	10,80				3	116:120	0,0	99,63
TG por Dispersão alcalina	0,00001	0,99	4	104:104	3,4	6,74	Viscosidade mínima (RVA)	0,00034	0,55	4	104:104	-15,2	107,25
			4	100:100	-0,3	3,02				4	100:100	6,2	128,64
			4	106:106	3,7	7,00				4	106:106	77,6	200,04
			18	120:120	-0,4	2,91				18	120:120	3,1	125,79
			11	116:116	0,9	4,26				11	116:116	-35,8	89,35
			3	116:120	0,0	2,92				3	116:120	0,0	123,78

Marcador RM190													
Caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica	Caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica
Quebra da viscosidade (RVA)	0,00001	0,97	4	104:104	-97,7	30,29	Viscosidade de Pico (RVA)	0,00004	0,97	4	104:104	-112,9	137,54
			4	100:100	-60,2	67,79				4	100:100	-54,0	196,42
			4	106:106	-93,1	34,84				4	106:106	-15,5	234,88
			18	120:120	-9,4	114,28				18	120:120	-6,3	240,08
			11	116:116	-60,9	68,00				11	116:116	-96,7	157,35
			3	116:120	0,0	153,06				3	116:120	0,0	276,85
Dureza (Textura Instrumental)	0,02443	0,34	4	104:104	8,1	147,33	Dureza (Teste de panela)	0,51	0,00049	4	104:104	0,0	2,00
			4	100:100	18,9	158,16				4	100:100	1,7	3,67
			4	106:106	-36,9	102,30				4	106:106	0,3	2,33
			18	120:120	0,4	138,74				18	120:120	0,1	2,17
			11	116:116	-6,3	132,31				11	116:116	-0,1	1,89
			3	116:120	0,0	146,29				3	116:120	0,0	2,00
Viscosidade Final (RVA)	0,00018	0,52	4	104:104	0,2	235,35	Temperatura de Pico (Temperatura de Gelatinização por DSC)	0,88	0,00001	4	104:104	-9,8	66,15
			4	100:100	33,5	268,59				4	100:100	-3,2	72,74
			4	106:106	207,0	442,11				4	106:106	-11,3	64,70
			18	120:120	-11,0	224,14				18	120:120	0,3	76,14
			11	116:116	-55,7	185,96				11	116:116	-4,7	71,44
			3	116:120	0,0	223,41				3	116:120	0,0	77,19

* P - valor corrigido após 100.000 permutações

** Coeficiente de determinação (R²).

Tabela 14: Associação dos marcadores Wx, Wx10 e SB3 aos caracteres relacionados a aspectos culinários e tecnológicos do arroz.

Caráter	p-valor	R ²	Marcador Wx			
			Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica
Coesividade (textura gel do RVA)	0,00001	0,47	17	200:200	359,6	780,61
			24	300:300	0,0	387,90
Teor de Amilose Aparente	0,00001	0,62	17	200:200	10,7	19,34
			24	300:300	0,0	7,85
Teor de Amilose Absoluto	0,00001	0,72	17	200:200	12,9	20,7
			24	300:300	0,0	7,0
Temperatura de Gelatinização por Dispersão alcalina	0,00015	0,43	17	200:200	1,9	5,0
			24	300:300	0,0	3,2
Quebra da viscosidade (RVA)	0,0001	0,37	17	200:200	-52,2	58,55
			24	300:300	0,0	109,06
Viscosidade Final (RVA)	0,00399	0,25	17	200:200	89,9	295,5
			24	300:300	0,0	191,1
Temperatura da pasta (RVA)	0,00678	0,25	17	200:200	4,2	83,3
			24	300:300	0,0	78,7
Pegajosidade (Textura Instrumental)	0,00001	0,69	17	200:200	-9,0	5,9
			24	300:300	0,0	15,6
"Setback" (RVA)	0,00007	0,37	17	200:200	67,0	158,51
			24	300:300	0,0	83,41
Pegajosidade (Teste de panela)	0,00827	0,21	17	200:200	-0,8	4,0
			24	300:300	0,0	4,8
Temperatura de Pico (Temperatura de Gelatinização por DSC)	0,00018	0,37	17	200:200	-5,1	70,1
			24	300:300	0,0	74,9

Marcador Wx10						
Caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	Média fenotípica
Temperatura de Gelatinização por Dispersão alcalina	0,00019	0,43	36	320:200	-3,3	3,71
			4	900:900	0,0	7,00
Quebra da viscosidade (RVA)	0,02205	0,18	36	320:200	58,8	91,23
			4	900:900	0,0	34,84
Dureza (Textura Instrumental)	0,00514	0,24	36	320:200	37,2	140,37
			4	900:900	0,0	102,30
Viscosidade Final (RVA)	0,00001	0,6	36	320:200	-208,6	218,2
			4	900:900	0,0	442,1
Temperatura da pasta (RVA)	0,0093	0,23	36	320:200	-5,5	80,2
			4	900:900	0,0	86,6
Pegajosidade (Textura Instrumental)	0,00287	0,26	36	320:200	8,2	12,0
			4	900:900	0,0	2,9
"Setback" (RVA)	0,00001	0,55	36	320:200	-128,9	105,1
			4	900:900	0,0	242,1
"Trough" (RVA)	0,00001	0,59	36	320:200	-79,6	113,1
			4	900:900	0,0	200,0
Temperatura de Pico (Temperatura de Gelatinização por DSC)	0,00003	0,43	36	320:200	9,2	73,5
			4	900:900	0,0	64,7

Marcador SBE3						
caráter	p-valor	R ²	Obs	Alelo	Estimativa (efeito)	média fenotípica
Dureza (Textura Instrumental)	0,00501	0,23	19	500:500	21,4	147,60
			23	700:700	0,0	128,00

* P - valor corrigido após 100.000 permutações

** Coeficiente de determinação (

Tran et al. (2011), Chen et al. (2008) e Han et al. (2004) encontraram para os marcadores Wx10 e SBE3 associações significativas ($>0,7$) para caracteres de consistência de gel, ou seja, para caracteres como a viscosidade da pasta de amido (parâmetros de RVA). No entanto, neste trabalho, o Wx10 e SBE3 apresentaram valores de R^2 inferiores a 70% para os caracteres avaliados, não representando, neste caso, marcadores candidatos a SAM (seleção assistida por marcadores). Além disso, o marcador Wx10 somente identificou um único genótipo (BGA4243) contendo o alelo 900 (substituição “T”), característico de genótipos que apresentam maior firmeza após cocção, porém não apresentam retrogradação acentuada após resfriamento (TRAN et al 2011). Diante da baixa frequência deste alelo, não há representatividade suficiente para que este marcador seja indicado como ferramenta adequada à SAM.

6 CONCLUSÕES

Neste estudo, foi possível identificar, por meio da associação dos diferentes parâmetros físicos, físico-químicos e de textura do arroz, que os principais indicadores para prever o perfil culinário de genótipos de terras altas foram relacionados principalmente ao teor de amilose, à temperatura de gelatinização, às propriedades de pasta, aos atributos de textura instrumental e sensorial dos grãos. Desta forma, esses indicadores podem servir de guia para a aplicação prática de rotinas de melhoramento de arroz, auxiliando a diferenciar os materiais contrastantes. Por meio dos resultados analisados, nota-se que existem indicadores mais relevantes do que outros, para cada etapa de geração a ser selecionada. Ou seja, foi possível concluir que este estudo indicou que para diferentes etapas do programa de melhoramento genético para o lançamento de cultivares no mercado são indicadas diferentes análises até o último ensaio que envolve o Valor de Cultivo e Uso (VCU).

Conclui-se que, para a avaliação da qualidade de gerações mais precoces nos programas de melhoramento genético de arroz, pode-se realizar a análise de seleção assistida por marcadores moleculares (SAM), principalmente porque se tem nesta etapa maior número de genótipos e maiores contrastes de características. Em relação à validação de marcadores para qualidade de grãos, conclui-se que, a partir das informações derivadas da análise de associação, foi possível a identificação de marcadores associados a atributos culinários e tecnológicos. Os marcadores Wx e RM190 poderão ser utilizados como indicadores indiretos do comportamento culinário do arroz em relação às suas propriedades físico-químicas, dos quais o Wx apresentou boa resposta para as características de teores de amilose absoluto e pegajosidade (textura instrumental), enquanto RM190, para temperatura de pico (DSC) e temperatura de gelatinização por dispersão alcalina neste estudo. Permitindo assim, identificar o caráter desejado, pois a variabilidade é acessada e selecionada por meio do DNA. Desta maneira é possível a identificação de materiais de interesse do programa de melhoramento auxiliando assim na classificação rápida de grandes quantidades de diferentes genótipos.

Já para gerações mais avançadas, em que é necessário maior sensibilidade de análise, este estudo mostrou que os indicadores confiáveis e reproduzíveis relacionam-se à classificação de grãos, seguido pelas análises físico-químicas rotineiras como teor de amilose, temperatura de gelatinização e propriedades de pasta. E na fase final do programa, em etapas de validação da qualidade das linhagens selecionadas nas etapas anteriores, para lançamento no mercado, deve-se realizar a análise de textura instrumental, a qual mostrou correlação

positiva com a análise sensorial, predefinindo assim a associação das características que influenciam a qualidade culinária.

O presente trabalho gerou informações relevantes para o avanço do conhecimento em qualidade de arroz de terras altas e abriu novas perspectivas para futuro aprofundamento e validação de algumas questões essenciais, a fim de auxiliar os programas de melhoramento genético no uso das melhores ferramentas de caracterização da qualidade do grão, visando otimizar a relação custo-benefício.

7 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. Arroz. São Paulo: FNP, p. 161-167, 2011.

AKAGI H, YOKOZEKI Y, INAGAKI A, FUJIMURA T Microsatellite DNA markers for rice chromosomes. **Theor Appl Genet** 93:1071–1077, 1996.

ALLAHGHOLIPOUR, M.; ALI, A. J.; ALINIA, F.; NAGAMINE, T.; KOJIMA, Y. Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties. **Plant Breeding**, Berlin, v. 125, p. 357-362, 2006.

ANACLETO, R.; CUEVAS, R. P.; JIMENEZ, R.; LLORENTE, C.; NISSILA, E.; HENRY, R.; SREENIVASULU, N.; Prospects of breeding high-quality rice using post-genomic tools. **Theor Appl Genet**. Review. 2015.

ARAÚJO E. S.; SOUZA, S. R.; FERNANDES. M. S.; Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-1288, 2003.

ARTIGIANI, A. C. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; NASCENTE, A. S. Produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e adubação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V. 42, n. 3, p. 340-349, Goiânia, 2012.

ASANTE, M. D.; OFFEI, S. K.; GRACEN, V.; ADU-DAPAAH, H.; DANQUAH, E. Y.; BRYANT, R. Starch physicochemical properties of rice accessions and their association with molecular markers. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 65, p.1022–1028, 2013.

AYRES, N. M.; MCCLUNG, A. M.; LARKIN, P. D.; BLIGH, H. F. J.; JONES, C. A.; PARK, W. D. Microsatellites and a single-nucleotide polymorphism differentiate apparent amylose classes in an extended pedigree of US rice germ plasm. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, n.94, p. 773-781.1997.

BAO, J. S.; ZHENG, X. W.; XIA, Y. W.; HE, P.; SHU, Q. Y.; LU, X.; CHEN, Y.; ZHU, L. H. QTL mapping for the paste viscosity characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 100, p. 280–284, 2000.

BAO, S., CORKE, H., SUN, M. Microsatellites in starch-synthesizing genes in relation to starch physicochemical properties in waxy rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics** 105, 898–905, 2002.

BAO, J.; KONG, X.; XIE, J., XU, L. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, p. 6010-6016, 2004.

BAO, J. S.; CORKE, H.; SUN, M. Microsatellites, single nucleotide polymorphisms and a sequence tagged site in starch-synthesizing genes in relation to starch physicochemical properties in nonwaxy rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetic**, New York, v.113, p.1185–1196, 2006.

BAO J. S.; SHEN S. Q.; SUN M.; CORKE H.; Analysis of genotypic diversity in the starch physicochemical properties of nonwaxy rice:apparent amylose content, pasting viscosity and gel texture. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 58, p. 259–267, 2007.

BAO, J.; SUN, M.; CORKE, H. Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 67, p. 174–181. 2007.

BAO, J. S.; XIAO, P.; HIRATSUKA, M.; SUN, M.; UMEMOTO, T. Granule-bound SSIIa protein content and its relationship with amylopectin structure and gelatinization temperature of rice starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 61, p. 431–437, 2009.

BAO, J. S. Toward Understanding the Genetic and Molecular Bases of the Eating and Cooking Qualities of Rice. **AACC International, Cereal Foods World**, v.57, n. 4, p. 148-159, St Paul, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 6, de 16 e fevereiro de 2009**. Aprova o regulamento técnico do arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev., Seção 1, p. 3, 2009.

BASSINELLO P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI R. M. A.; **Comunicado Técnico**. Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial. Embrapa, Santo Antônio de Goiás, 2004.

BATEY, L.; CURTIN, B. M. Measurement of amylose/amylopectin ratio bu high-performance liquid chromatography. **Starch/Starke**, Weinheim, 48, p. 338-344, 1996.

BATISTA, K. de A. **Aplicações biotecnológicas de feijões endurecidos**. P. 214. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia, da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2014.

BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: EDUSP, cap. 1, p. 17-46, 2006.

BERGMAN, C.J., DELGADO, J.T., MCCLUNG, A.M., FJELLSTROM, R.G. An improved method for using a microsatellite in the rice waxy gene to determine amylose class. **Cereal Chemistry** v. 78, p. 257–260, 2001.

BETT-GARBER, K. L.; CHAMPAGNE, E. T.; MCCLUNG, A. M.; OLDENHAUER, K. A.; INSCOMBE, S. D.; MCKENZIE, K. S. Categorizing rice cultivars based on cluster analysis of amylose content, protein content and sensory attributes. **Cereal Chemistry**, v.78, p.551–558. 2001.

BHATTACHARYA, M.; ZEE, S. Y.; CORKE, H. Physicochemical properties related to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, p. 861-867, 1999.

BORBA, T.C.DE O.; BRONDANI, R. P. V.; BRESEGHELLO, F.; COELHO, A. S. G.; MENDONÇA, J. A.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, C. Association mapping for yield and grain quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Genetics and Molecular Biology**, v.33, n.3, p. 515-524, 2010.

BOTTINI, R. L. **Arroz: história, variedades e receitas**. São Paulo: Editora SENAC, 390 p. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 6, de 16 e fevereiro de 2009**. Aprova o regulamento técnico do arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev., Seção 1, p. 3, 2009.

BRESEGHELLO, F.; SORRELS, M. E. Association analysis as a strategy for improvement of qualitative traits in plants. **Crop Science**, v. 46, p.1323-1330, 2006.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P.; PEREIRA, J. Á.; LOPES, A. M.; UTUMI, M. M. OLIVEIRA, J. P. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 51, n. 3, p. 914-923, maio. 2011.

BRESEGHELLO, F., CASTRO, E. M. de, MORAIS, O. P. de. Progresso genético pelo melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa para os Estados de Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Mato Grosso. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 24 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão). 2006.

BRONDANI C.; RANGEL P. H. N.; BRONDANI R. P. V.; FERREIRA M. E. QTL mapping and introgression of yield related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, p. 1192-1203, 2002.

BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N. Utilização de marcadores moleculares em programas de ampliação da base genética de espécies cultivadas. Documentos 155. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.

BRONDANI, R. P. V.; BRONDANI, C.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual Prático para o desenvolvimento de marcadores microssátélites em plantas**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 111, 2007.

BUENO, P. D. F. **Viscoamilografia na estimativa do teor de amilose e características de consumo de arroz**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

CALINGACION, M., LABORTE, A., NELSON, A., RESURRECCION, A., CONCEPCION, J. C., ET al. Diversity of Global Rice Markets and the Science Required for Consumer-Targeted Rice Breeding. **PloS One**, San Francisco, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2014.

CAMERON, D. K.; WANG, Y. A better understanding of factors that affect the hardness and stickiness of long-grain rice. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 82, n.2, p. 113–119, 2005.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 30 p. 1999.

CASTRO, E. M.; FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P. Qualidade de grãos e competitividade do arroz de terras altas. In: Congresso da cadeia produtiva de arroz/ REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 1./ 7., 2002, Florianópolis. Anais. Documentos 153. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás: p. 220-233, 2003.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E. DE; RODRIGUES, R. A. F. Industrial quality of an upland rice variety cultivated in rotation with several crops and nitrogen doses in a no-till system. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.155-161, 2006.

CHAMPAGNE, E. T.; BETT, K. L.; VINYARD, B. T.; WEBB, B. D.; MCCLUNG, A. M.; BARTON, F. E.; II, LYONS, B. G.; MOLDENHAUER, K.; LINScombe, S.; AND KOHLWEY, D. Effects of drying conditions, final moisture content, and degree-of-milling on rice flavor. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 74, p. 566-570. 1997.

CHAMPAGNE, E. T.; BETT, K. L.; VINYARD, B.T.; MCCLUNG, A. M.; BARTON, F.E.; MOLDENHAUER, K.; LINScombe, S.; MCKENZIE, K. Correlation between cooked rice texture and Rapid Visco Analyses measurements. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, n. 5, p. 764-771, 1999.

CHAMPAGNE, E. T.; BETT-GARBER, K. L.; MCCLUNG, A. M.; BERGMAN, C. Sensory characteristics of diverse rice cultivars as influenced by genetic and environmental factors. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 81, n. 2, p. 237-243, 2004.

CHÁVEZ-MURILLO, C. E.; MÉNDEZ-MONTEALVO, G.; WANG, Y.; BELLO-PÉREZ, L. A. Starch of diverse Mexican rice cultivars: Physicochemical, structural, and nutritional features. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 64, p. 745–756, 2012.

CHENG, F. M.; ZHONG, L.J.; ZHANG, G. P. Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, p. 39–46, 2005.

CHEN, M.H.; BERGMAN, C.; PINSON, S.; FJELLSTROM, R. Waxy gene haplotypes: Associations with apparent amylose content and the effect by the environment in an international rice germplasm collection. **Journal of Cereal Science**, v. 47, p. 536–545, 2008.

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.

CLERICI, M. T. P. S.; EL DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

COLOMBARI FILHO, J. M.; RESENDE, M. D. V.; MORAIS, O. P.; CASTRO, A. P.; GUIMARÃES, E. P.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; BRESEGHELLO, F. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, v.192, p.117 129, 2013.

COLOMBARI FILHO J. M.; GERALDI, I.O. Sample size for the assessment of soybean inbred populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v.14, p. 71-75, 2013.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. Perspectivas para a agropecuária. Volume 2-Safra 2014/2015., Brasília, v.2, p.1-55, set. 2014.

CUEVAS R. P., DAYGON V. D., CORPUZ H. M., NORA L., REINKE R. F., WATERS D. L. E., FITZGERALD M. A. Melting the secrets of gelatinization temperature in rice. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 37,p. 439-447, 2010.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. V.39, n.3, p. 945-954, 2009.

DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R.; SPIER, F.; CASTRO, L. A. S.; GUTKOSKI, L. C. Effects of annealing on the physicochemical properties and enzymatic susceptibility of rice starches with different amylose contents. **Food Chemistry**, Oxford, v. 123, p. 711-719, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. Ed. Ver. Ampl. Brasília, DF, 2013.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Catálogo de Cultivares de Arroz 2014-2015**. P.11. Santo Antônio de Goiás, GO, 2014.

ELIAS, M.C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 473p., 2007.

FALEIRO, F. G. Marcadores genético-moleculares: aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, p. 102, 2007.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Brasília: **Embrapa CENARGEN**, 3. ed. p. 220, 1998.

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz na Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informações, 1999.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUZA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 62 p. 2005.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. In: FERREIRA, C. M.; SOUZA, I. S. F. DE; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmico da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, cap. 3, p. 37-50, 2005.

FERREIRA, C. M.; SANTIAGO, C. M. **Informações técnicas Sobre o Arroz de Terras Altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia - Safras 2010/2011 e 2011/2012**. Documentos 268. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO, Junho, 2012.

FITZGERALD, M. A.; MCCOUCH, S. R.; HALL, R. D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 133-139, 2009.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. **Tempo de prateleira de Cultivares de Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 98).

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.

FRANCO, C. M. L.; CABRAL, R. A. F.; TAVARES, D. Q. Structural and physicochemical of lintnerized native and sour cassava starches. **Starch/ Starke**, Weinheim, v. 54, p. 469-475, Apr. 2002.

FREI, M. et al. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v.83, p.395-402, 2003.

FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.2, p. 183-190, 2008.

GARCIA, D. M.; BASSINELLO, P. Z.; ASCHERI, D. R. P.; ASCHERI, J. L. R.; TROVO, J. B.; COBUCCI, R. M. A. Cooking quality of upland and lowland rice characterized by different methods. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 341-348, 2011.

GOESAERT, H.; BRUS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 1-3, p. 12-30, 2005.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004.

GANI, A.; WANI, S. M.; MASOODI, F. A.; SALIM, R. Characterization of rice starches extracted from Indian cultivars. **Food Science and Technology International**, London, v. 19, n. 143–152, 2013.

GOSTIMSKY, A. S.; KOKAEVA, Z. G.; BOBROVA, V. K. Use of molecular marker for the analysis of plant genome. **Research Journal of Genetics**, Moscow, v. 11, n. 35, p. 1538–1549, 1999.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JR., A. M.; STONE, L. F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, cap. 3, p. 59-108. 2006.

HAN, Y.; XU, M.; LIU, X. ; YAN, C.; KORBAN, S. S.; CHEN, X.; GU, M. Genes coding for starch branching enzymes are major contributors to starch viscosity characteristics in waxy rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Science**, v. 166, p. 357–364, 2004.

HANASHIRO, I.; ABE, J.; HIZUKURI, S. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high-performance anion-exchange chromatography. **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 283p. 151-159, 1996.

IRGA – INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Sabores e saberes do arroz: uma oportunidade para a alimentação escolar. Angélica Margarete Magalhães (coord.). 3. ed. Porto Alegre: **IRGA**, 98 p. 2008.

JANE, J. L.; CHEN, J. F. Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 69, 60 – 65, 1992.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, p. 629–637, 1999.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Los Banos: International Rice Research Institute, 186 p. 1979.

JL, I.; SEETHARAMAN, K.; WHITE, P. J. Optimizing a small-scale corn starch

extraction method for use in laboratory. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 1, n. 81, p. 55-58, 2004.

JULIANO, B.O. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. In: JULIANO, B.O. (Ed.). *Rice: chemistry and technology*. Minnesota, USA: American **Association of Cereal Chemists**, Cap.3, p.17-57, 1985.

JULIANO, B. O.; KAORSA-ARD, M. Assessing Rice quality characteristics and prices in selected international markers. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *Rice grain marketing and quality issues: selected papers from the International Rice Research Conference*. Laguna, p. 23-35. 1991.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO,1993.

JULIANO, B. O. Varietal impact on rice quality. **Cereal Foods World**, St Paul,v. 43, p.207–222, 1998.

JULIANO, B. O. Rice chemistry and quality. Philippines: Philippine **Rice Research Institute**, 480 p. 2003.

KARLSSON, M. E.; ELIASSON, A. C. Gelatinization and retrogradation of potato (*Solanum tuberosum*) starch in situ as assessed by differential scanning calorimetry (DSC). *Food Science and Technology*, London,v. 36, n. 8, p. 735-741, 2003

KHARABIAN-MASOULEH, A.; WATERS, D.L.E.; REINKE, R.F.; WARD, R.; HENRY, R.J. SNP in starch biosynthesis genes associated with nutritional and functional properties of rice. **Plant Biotechnology Journal**, v.10, n.3, p.53-62, 2012.

KAUR, S.; PANESAR, P. S.; BERA, M. B.; KUMARI, S. Physicochemical, textural, pasting, and in vitro digestion properties of some basmati and non-basmati rice cultivars. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 17, p. 1055–1066, 2014.

KAUR, A.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; SODHI, N. S. Properties of starches separated from potatoes stored under different conditions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 114, p. 1396-1404, 2009.

KAUR, A.; SINGH, N.; SODHI, N. S. Some properties of potatoes and their starches II. Morphological thermal and rheological properties of starches. **Food Chemistry**, Oxford, v. 79, n. 2, p. 183-192, 2002.

KIM, S. S.; LEE, S. E.; KIM, O. W.; KIM, D. C. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. **Cereal Chemistry**, St Paul, v.77, n. 3 p. 373-379, 2000.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, Oxford, v.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KONG, X. ; ZHU, P.; SUI, Z.; BAO, J. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. **Food Chemistry**, Oxford, v. 172, p. 433–440, 2015.

LANNA, A. C.; FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F.. **Impacto Ambiental e Econômico da Cultura de Arroz de Terras Altas: Caso da Cultivar BRS Primavera**. Comunicado Técnico, 58. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO Dezembro, 2003.

LESTARI, P., HAM, T.H., LEE, H.H., WOO, M.O., JIANG, W.Z., CHU, S.H., KWON, S.W., MA, K., LEE, J.H., CHO, Y.C., KOH, H.J. PCR marker-based evaluation of the eating quality of Japonica rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, p. 2754–2762, 2009.

LIMA, C. H. A. M. de; COBUCCI, R. de M. A. C.; BASSINELLO, P. Z.; BRONDANI, C.; COELHO, N. R. A. Seleção e treinamento de painel sensorial para avaliação de diferentes cultivares de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 8., 2006, Brasília, DF. **Anais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 1996).

LIMPISUT, P.; JINDAL, V. K. Comparison of rice flour pasting properties using Brabender viscoamylograph and Rapid Visco Analyser for evaluating cooked rice texture. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 54, n.8, p. 350-357, 2002.

LAWAL, O. S. et al. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 25, n. 7, p. 1785-1792, 2011.

LISLE, A. J.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M. A. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. **Cereal Chemistry**, St Paul, 77, p. 627-632, 2000.

LOBATO, L. P.; BENASSI, M. de T.; GROSSMANN, M. V. E. Adição de inulina em géis de amido e leite utilizando planejamento experimental de misturas. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 134-140, 2012.

LUZ, C.A.S.; LUZ, M.L.G.A.S.; BIZZI, L.T.; FALK, C.L.; ISQUIERDO, E.P.; LOREGIAN, R. Relações granulométricas no processo de brunimento de arroz. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.214-221, 2005.

MARINI, N. **Qualidade de grãos, tolerância ao estresse por ferro e variabilidade genética em arroz**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Pelotas, p.126, 2012.

MARTÍNEZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Tercera Edición. Cali, Colombia. Septiembre, 1989.

MARSHALL, W.E.; WASDORTH, H.I. **Rice Science and Technology**. New Orleans: Marcel Dekker, 470p. 1994.

McCOUCH, S. R.; CHEN, X.; PANAUD, O.; TEMNYKH, S.; XU, Y.; CHO, Y. G.; HUANG, N.; ISHII, T.; BLAIR, M. Microsatellite marker development, mapping and applications in rice genetics and breeding. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 35, p. 89-99, 1997.

MENEGHETTI, V.L.; OLIVEIRA, M.; MARTINS, I.G.; OLIVEIRA, L.C.; FAGUNDES, C.A.A.F.; ELIAS, M.C. Drasticidade de polimento em parâmetros de desempenho industrial de grãos de arroz branco. In: **Anais do II Simpósio Sul Brasileiro de Qualidade de Arroz**, Pelotas, v.1, p. 623-628, 2005.

MINGOTTE, F. L. C.; HANASHIRO, R. K. ; FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2605-2618, 2012.

MIR, S. A.; BOSCO, S. J. D. Cultivar difference in physicochemical properties of starches and flours from temperate rice of Indian Himalayas. **Food Chemistry**, Oxford, v. 157, p. 448–456, 2014.

MORAIS JÚNIOR, O. P. de. **Variabilidade e progresso genético com seleção recorrente em arroz de terras altas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, p. 163, 2013.

MORAIS, O. P.; RANGEL, P. H. N.; FAGUNDES, P. R. R.; CASTRO, E. M.; NEVES, P. C. F.; CUTRIM, V. A.; PRABHU, A. S.; BRODANI, C.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. Melhoramento genético. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. S. (Ed.). *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. rev. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2006. p. 97-116.

MOREIRA, A. M., BASSINELLO, P. Z., CALIARI, M., & BORBA, T. C. (2014). Proposed Methodology for Quality Preselection of Rice Populations. **Cereal Chemistry**, 91(2), 201-206.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido native e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2009.

NABESHIMA, H. A.; EL-DASH, A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do CEPPA**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

NAKAMURA, Y.; SAKURAI, A.; INABA, Y.; KIMURA, K.; IWASAWA, N.; NAGAMINE, T. The fine structure of amylopectin in endosperm from Asian cultivated Rice can be largely classified into two classes. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 54, p. 117-131, 2002.

NAVES, M. M. V. **Características químicas e nutricionais do arroz**. **Boletim do CEPPA**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

NAVES, M. M. V.; BASSINELLO, P. Z. Importância na nutrição humana. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, cap. 1, p. 17-33, 2006.

OLIVEIRA, L. K. **Identificação e validação de marcadores moleculares associados a regiões que explicam variações no teor de amido e temperatura de gelatinização em grãos de arroz**. Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia, da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Biologia, área de concentração: Biologia Celular e Molecular. Goiânia, p. 103, 2009.

NELSON, O.; D. PAN. Starch synthesis in maize endosperms. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **Plant Molecular Biology**, v.46, p.475-496. 1995.

NODA, T.; NISHIBA, Y.; SATO, T.; SUDA, I. Properties of starches from several low-amylose rice cultivars. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 80, p. 193-197, 2003.

NAKAMURA Y, SATO A, JULIANO BO. Short-chainlength distribution in debranched rice starches differing in gelatinization temperature or cooked rice hardness. **Starch/ Starke**, Weinheim, v. 58,p. 155-160, 2006.

OLIVEIRA, M.; PARAGINSKI, R. T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C. Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 146-153, Campinas, 2014.

ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine stucture of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 21, p.251–260, 1995.

PATINDOL, J., GU, X., WANG, Y-J. Chemometric analysis of cooked rice texture in relation to starch fine structure and leaching characteristics. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 62, p.188-197, 2010.

PINHEIRO, L. S. **Determinação da variabilidade genética nas populações de seleção recorrente de arroz CNA-IRAT 4 e CNA 12 utilizando marcadores microssatélites**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, C. M. Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no MERCOSUL. In: Congresso da cadeia produtiva de arroz/ REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 1./ 7., 2002, Florianópolis. Anais. Documentos 153. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 202-219, 2003.

PINHEIRO, B. S. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão. cap. 7, p. 231-284. 2006.

QI-HUA, L.; XUE-BIAO, Z.; LIAN-QUN, Y.; TIAN, L. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties. **Rice Science**, Hangzhou, v. 16, n. 2, p. 161-164, 2009.

RAMESH, M.; BHATTACHARYA, K. R.; MITCHELL, J. R.; Developments in Understanding the Basis of Cooked-Rice Texture. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.40, n.6, p. 449–460, 2000.

RILEY, C. K.; WHEATLEY, A. O.; ASEMOTA, H. N. Full length research paper isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 17, p. 1528-1536, 2006.

ROSELL, C. M.; MARCO, C. Gluten-Free cereal products and beverages. **Rice**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, cap. 4, p. 81-100, 2008.

RStudio, 2015. **RStudio**: Integrated development environment for R (Version 0.98.507). Computer software. Boston, MA. Available from: <http://www.rstudio.org/>.

SALEH, M. I.; MEULLENET, J.; Effect of Moisture Content at Harvest and Degree of Milling (Based on Surface Lipid Content) on the Texture Properties of Cooked Long-Grain Rice. **Cereal Chemistry**, Oxford, v. 84, n.2, p. 119–124, 2007.

SANO, Y.; KATSUMATA, M.; OKUNO, K. Genetic studies of speciation in cultivated rice. Inter-and intra-specific differentiation in the wx gene expression of rice, **Euphytica**, Dordrecht, v. 35, p.1–9, 1986.

SANG, Y.; BEAN, S.; SEIB, P. A.; PEDERSEN, J.; SHI, Y. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.56, p. 6680–6685, 2008.

SECTOR AGRO-ALIMENTAR DO ARROZ EM PORTUGAL. **Qualidade de arroz**.

Disponível em: <<http://www.ania.pt/3Qualidade.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2003.

SINGH, N.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; SEKHON, K.S. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. **Food Chemistry**, Oxford, v. 89, p. 253-259. 2005.

SESMAT, A., MEULLENET, J. F. Prediction of rice sensory texture attributes from a single compression test, multivariate regression, and a step wise model optimization method. **Journal Food Science**, Malden, v. 66, p. 124-131, 2001.

SIMI, C. K.; ABRAHAM, T. E. Physicochemical, rheological and thermal properties of Njavara rice (*Oryza sativa*) starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, p. 12105–12113, 2008.

SHIH, F.F.; DAIGLE, K.W. Preparation and characterization of rice protein isolates. **Journal of the American Oil Chemists Society**, New York, v. 77, n. 8, p. 885-889, 2000.

SINGH, N.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; SEKHON, K. S. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. **Food Chemistry**, Oxford, v. 89, p. 253–259, 2005.

SINGH, N.; KAUR, L.; SANDHU, K. S.; KAUR, J.; NISHINARI, K. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, p. 532–542, 2006.

SINGH, S.; SINGH, N.; ISONO, N.; NODA, T. Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, p. 1180–1188, 2010.

SINGH, J.; DARTOIS, A.; KAUR, L. Starch digestibility in food matrix: a review. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 21, n. 4, p. 168–180, 2010.

SINGH, S.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; KAUR, A. Effects of gamma-irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 83, n. 4, p. 1521–1528, 2011.

SCHOCH, T. J. **Swelling** power and solubility of granular starches. In: WHISTLER, R. L. (ed). **Methods in Carbohydrate Chemistry**, New York: Academic Press, p. 106–109. v. 4. 1964.

SODHI, N. S.; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. **Food Chemistry**, Oxford, v. 80, p. 99–108, 2003.

SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; PEREIRA, E. B.; REIS, M. S. **Douradão, novo cultivar de arroz de sequeiro para Minas Gerais**. Revista CERES, v.38, n. 215, p. 75–80, 1991.

SOUZA, M. A.; MORAIS, O. P.; HERÁN, R. E. C.; CARGNIN, A.; PIMENTEL, A. J. B. Progreso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 371–376, 2007.

SUN, S. Y.; HAO, W.; LIN, H.X. Identification of QTLs for cooking and eating quality of rice grain. **Rice Science**, v.13, p.161–169. 2006.

SUWANNAPORN, P.; PITIPHUNPONG, S.; CHAMPANGERN, S. Classification of rice amylose content by discriminant analysis of physicochemical properties. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 59, n. 3, p. 171–177, 2007.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. Oxford, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TAN, Y.; CORKE, H. Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 82, p. 745-752, 2002.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

TRAN, N. A.; DAYGON, V. D.; RESURRECCION, A. P.; CUEVAS, R. P.; CORPUZ, H. M.; FITZGERALD, M. A. A single nucleotide polymorphism in the Waxy gene explains a significant component of gel consistency. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 123, p. 519-525, 2011.

THOMAS, M. R.; MATSUMOTO, S.; CAIN, P.; SCOTT, N. S. Repetitive DNA of grapevine: class present and sequences suitable for cultivar identification. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 86, p. 173-180, 1993.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches**: practical guides for the food industry. Minnesota: Eagan Press, p. 94, 1999.

TUAÑO, A. P. P.; UMEMOTO, T.; AOKI, N.; NAKAMURA, Y.; SAWADA, T.; JULIANO, B. O. Grain Quality and Properties of Starch and Amylopectin of Intermediate- and Low-Amylose Indica Rices. **Philippine Agricultural Scientist**, Laguna, v. 94, n.2, 2011.

UTUMI, M. M. **Sistema de produção de arroz de terras altas**. Sistemas de Produção, 31. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO Abril, 2008.

USBERTI FILHO, J. A.; AZZINI, L. E.; SOAVE, J. Características agronômicas e de qualidade de produtos de cultivares de sequeiro e irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1283-1296, 1986.

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 58, n. 3, p. 245-266, 2004.

VIEIRA, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.582-604, 1999.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. I: SANTOS, A. B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, cap. 23, p. 969-1005, 2006.

YAMIN, F. F.; LEE, M.; POLLAK, L. M.; WHITE, P. J. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, p. 175–181, 1999.

YONEMOTO, P. G.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 761-771, 2007.

YU, S.; MA, Y.; SUN, D. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. **Journal of Cereal Science**, London, v. 50, p. 139–144, 2009.

YU, S.; MA, Y.; MENAGER, L.; SUN, D. Physicochemical properties of starch and flour from different rice cultivars. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 5, p. 626–637, 2012.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WANG, Z.Y.; ZHENG, F.Q.; SHEN, G.Z.; GAO, J.P.; SNUSTAD, D.P.; LI, M.G.; ZHANG, J.L.; HONG, M.M. The amylose content in rice endosperm is related to the post-transcriptional regulation of the wx gene, **Plant Journal**, Malden, v. 7, p. 613–622, 1995.

WANG, L. F.; WANG, Y. J.; PORTER, R. Structures and physicochemical properties of six wild rice starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 2695–2699, 2002.

WANG, L.; WANG, Y. J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 291-296, 2004.

WANG, L.; XIE, B.; SHI, J.; XUE, S.; DENG, Q.; WEI, Y.; Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 24, p. 208–216, 2010.

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; KHALID; WANI, G. I. A. Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties - A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Malden, v. 11, n. 5, p. 417-436, 2012.

WEBBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WONG, K.S., JANE, J. Effects of pushing agents on the separation and detection of debranched amylopectin by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, Philadelphia, v.1 8, p. 63-80, 1995.

ZAVAREZE, E. R.; STORCK, C. R.; CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R. G.; Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. **Food Chemistry**, Oxford, v. 121, p. 358–365, 2010.

ZAVAREZE, E. R.; EL HALAL, S. L. M.; PEREIRA, J. M.; RADUNZ, A. L.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G.; Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, p. 24-30, 2009.

ZAVAREZE, E. DA R.; PEREIRA, J. M.; MOURA, F. A.; SPIER, F.; HELBIG, E. Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente. **Brazilian Journal Tecnology**, campinas, v. 13, p. 96-101, 2010.

ZHU, L.; LIU, Q; SANG, Y. GU, M.; SHI, Y. Underlyng reasons for waxy rice flours having different pasting properties. **Food Chemistry**, Oxford, v. 120, p. 94-100, 2010.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHERD, C. Review: Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v.37, n.8, p.849-868, 2002.

ZHOU, Z.; BLANCHARD, C.; HELLIWELL, S.; ROBARDS, K. Fatty acid composition of three rice varieties following storage. **Journal of Cereal Science**, London, v.37, n. 3, p. 327-335, 2003.

ZHONG, Z.; SUN, S. Thermal characterization and phase behavior of cornstarch studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 69, n. 4, p. 453-459, 2005.

ZONG, F.; LI, Y.; IBANEZ, A. M.; OH, M. H.; MCKENZIE, K. S.; SHOEMAKER, C. The effect of rice variety and starch isolation method on the pasting and rheological properties of rice starch pastes. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, p. 406-414, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHERD, C. Review: Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v.37, n.8, p.849-868, 2002.

ZOBEL, H. F.; STEPHEN, A. M. **Food Polysaccharides and their applications**. Starch: structure, analysis, and application. In: STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Ed.). 2. Ed., p. 25-86, New York, 2006.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A – ANOVA das análises físicas

ÁREA GESSADA TOTAL						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	27,38	2,46	1,42	21,27	33,49
Douradão	3	26,90	2,54	1,47	20,59	33,21
Xingu	3	33,51	1,61	0,93	29,52	37,50
BGA4243	3	19,91	1,45	0,84	16,31	23,52
BGA6030	3	68,84	6,69	3,86	52,22	85,46
Arroz da Terra	3	54,21	1,69	0,98	50,01	58,41
AcreFino	3	22,78	0,95	0,55	20,42	25,14
Primavera	3	20,14	1,90	1,09	15,43	24,85
SBT282	3	18,49	0,53	0,31	17,17	19,82
Cambará	3	14,12	0,13	0,07	13,80	14,44
N. 2583	3	73,08	1,34	0,77	69,75	76,41
INTEIROS						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	65,50	0,56	0,32	64,12	66,88
Douradão	3	65,08	0,65	0,38	63,46	66,70
Xingu	3	58,68	0,33	0,19	57,87	59,49
BGA4243	3	45,07	0,50	0,29	43,84	46,30
BGA6030	3	31,79	0,45	0,26	30,68	32,89
Arroz da Terra	3	43,77	0,48	0,27	42,59	44,96
AcreFino	3	43,72	0,26	0,15	43,08	44,36
Primavera	3	55,63	0,74	0,42	53,80	57,46
SBT282	3	53,37	0,57	0,33	51,97	54,78
Cambará	3	57,79	0,73	0,42	55,98	59,59
N. 2583	3	49,25	0,81	0,46	47,25	51,25
QUEBRADOS						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	6,30	0,09	0,05	6,07	6,52
Douradão	3	4,18	0,03	0,01	4,11	4,24
Xingu	3	7,44	0,49	0,28	6,22	8,65
BGA4243	3	11,38	0,71	0,41	9,63	13,14
BGA6030	3	4,62	0,40	0,23	3,62	5,62
Arroz da Terra	3	13,79	0,36	0,21	12,89	14,68
AcreFino	3	6,85	0,24	0,14	6,26	7,44
Primavera	3	7,67	0,32	0,18	6,88	8,45
SBT282	3	5,62	0,20	0,11	5,14	6,10
Cambará	3	3,71	0,29	0,17	2,98	4,44

N. 2583	3	17,48	0,46	0,27	16,33	18,64
RENDIA						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	65,50	0,56	0,32	64,12	66,88
Douradão	3	65,08	0,65	0,38	63,46	66,70
Xingu	3	58,68	0,33	0,19	57,87	59,49
BGA4243	3	45,07	0,50	0,29	43,84	46,30
BGA6030	3	31,79	0,45	0,26	30,68	32,89
Arroz da Terra	3	43,77	0,48	0,27	42,59	44,96
AcreFino	3	43,72	0,26	0,15	43,08	44,36
Primavera	3	55,63	0,74	0,42	53,80	57,46
SBT282	3	53,37	0,57	0,33	51,97	54,78
Cambará	3	57,79	0,73	0,42	55,98	59,59
N. 2583	3	49,25	0,81	0,46	47,25	51,25
RENDIMENTO						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	71,80	0,59	0,34	70,33	73,26
Douradão	3	69,26	0,63	0,36	67,70	70,82
Xingu	3	66,12	0,82	0,47	64,09	68,15
BGA4243	3	56,45	0,21	0,12	55,93	56,98
BGA6030	3	36,41	0,64	0,37	34,81	38,01
Arroz da Terra	3	57,56	0,57	0,33	56,15	58,97
AcreFino	3	50,57	0,45	0,26	49,45	51,69
Primavera	3	63,30	0,97	0,56	60,90	65,70
SBT282	3	58,99	0,55	0,32	57,62	60,37
Cambará	3	61,50	0,71	0,41	59,74	63,26
N. 2583	3	66,74	1,17	0,67	63,84	69,64
GRAU DE POLIMENTO						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	101,00	6,93	4,00	83,79	118,21
Douradão	3	108,00	5,29	3,06	94,86	121,14
Xingu	3	104,33	4,16	2,40	93,99	114,68
BGA4243	3	100,33	2,31	1,33	94,60	106,07
BGA6030	3	101,00	29,21	16,86	28,45	173,55
Arroz da Terra	3	109,33	7,37	4,26	91,02	127,64
AcreFino	3	101,00	4,58	2,65	89,62	112,38
Primavera	3	108,67	2,08	1,20	103,50	113,84
SBT282	3	110,67	2,08	1,20	105,50	115,84
Cambará	3	101,67	0,58	0,33	100,23	103,10
N. 2583	3	113,33	7,37	4,26	95,02	131,64
COMPRIMENTO						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	6,38	0,02	0,01	6,33	6,42
Douradão	3	6,74	0,02	0,01	6,69	6,79
Xingu	3	6,35	0,01	0,01	6,32	6,39

BGA4243	3	4,58	0,01	0,01	4,56	4,60
BGA6030	3	5,23	0,01	0,01	5,19	5,26
Arroz da Terra	3	5,64	0,01	0,01	5,61	5,66
AcreFino	3	6,45	0,02	0,01	6,41	6,49
Primavera	3	6,44	0,01	0,01	6,41	6,46
SBT282	3	6,68	0,01	0,00	6,66	6,70
Cambará	3	6,23	0,00	0,00	6,23	6,23
N. 2583	3	6,16	0,01	0,01	6,14	6,18
DIMENSÃO						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3	2,54	0,01	0,00	2,53	2,56
Douradão	3	2,84	0,02	0,01	2,79	2,89
Xingu	3	2,75	0,00	0,00	2,74	2,75
BGA4243	3	2,26	0,01	0,00	2,24	2,28
BGA6030	3	2,50	0,03	0,02	2,42	2,57
Arroz da Terra	3	2,38	0,02	0,01	2,32	2,44
AcreFino	3	3,46	0,08	0,05	3,26	3,66
Primavera	3	3,36	0,04	0,02	3,26	3,47
SBT282	3	3,76	0,02	0,01	3,72	3,80
Cambará	3	3,41	0,04	0,03	3,30	3,52
N. 2583	3	2,42	0,01	0,00	2,41	2,44

APÊNDICE B – ANOVA das análises físico-químicas e de textura

TEOR DE AMIOLOSE ABSOLUTO						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	9,8	0,7	0,4	8,2	11,5
Douradão	3,00	10,8	0,6	0,3	9,4	12,2
Xingu	3,00	9,8	0,9	0,5	7,6	12,0
BGA4243	3,00	22,3	1,3	0,7	19,1	25,5
BGA6030	3,00	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3
Arroz da Terra	3,00	21,0	1,6	0,9	17,2	24,9
AcreFino	3,00	20,5	0,7	0,4	18,8	22,2
Primavera	3,00	18,9	1,6	0,9	15,0	22,9
SBT282	3,00	11,0	1,6	0,9	7,1	14,9
Cambará	3,00	20,6	0,5	0,3	19,4	21,8
N. 2583	3,00	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3
TEOR DE AMIOLOSE APARENTE						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	9,00	11,6	0,9	0,3	10,9	12,2
Douradão	9,00	11,3	1,3	0,4	10,3	12,3
Xingu	9,00	10,7	0,4	0,1	10,4	11,0
BGA4243	9,00	20,3	0,6	0,2	19,8	20,8
BGA6030	9,00	1,1	0,3	0,1	0,8	1,3
Arroz da terra	9,00	19,6	1,0	0,3	18,9	20,4
AcreFino	9,00	20,4	0,6	0,2	20,0	20,9
Primavera	9,00	18,1	0,7	0,2	17,5	18,6
SBT282	9,00	12,5	0,5	0,2	12,0	12,9
Cambará	9,00	18,3	0,5	0,2	17,9	18,7
N2583	9,00	-0,6	0,3	0,1	-0,8	-0,3
TEMPERATURA DE GELATIZAÇÃO POR DISPERSÃO ALCALINA						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	9,00	3,0	0,1	0,0	2,9	3,0
Douradão	9,00	2,9	0,2	0,1	2,8	3,1
Xingu	9,00	3,0	0,2	0,1	2,8	3,1
BGA4243	9,00	7,0	0,0	0,0	7,0	7,0
BGA6030	9,00	2,9	0,2	0,1	2,8	3,1
Arroz da terra	9,00	3,0	0,2	0,1	2,9	3,2
AcreFino	9,00	6,7	0,2	0,1	6,6	6,9
Primavera	9,00	4,1	0,4	0,1	3,9	4,4
SBT282	9,00	2,8	0,2	0,1	2,7	2,9
Cambará	9,00	4,2	0,3	0,1	4,0	4,4
N2583	9,00	4,5	0,4	0,1	4,1	4,8
TEMPERATURA INICIAL DE GELATINIZAÇÃO To (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95

SBT432	3,00	73,5	0,3	0,1	72,8	74,1
Douradão	3,00	73,9	0,5	0,3	72,7	75,0
Xingu	3,00	72,9	0,2	0,1	72,4	73,4
BGA4243	3,00	61,0	0,4	0,2	60,0	62,1
BGA6030	3,00	71,1	0,2	0,1	70,6	71,6
Arroz da Terra	2,00	68,3	0,4	0,3	64,9	71,7
AcreFino	3,00	62,1	0,3	0,2	61,3	62,9
Primavera	3,00	67,9	0,2	0,1	67,3	68,4
SBT282	2,00	71,8	0,0	0,0	71,6	71,9
Cambará	3,00	67,9	0,1	0,1	67,7	68,2
N. 2583	2,00	62,7	0,3	0,2	60,3	65,2
TEMPERATURA DE PICO DE GELATINIZAÇÃO Tp (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	76,8	0,3	0,2	76,0	77,5
Douradão	3,00	77,2	0,5	0,3	75,9	78,5
Xingu	3,00	76,5	0,3	0,1	75,9	77,2
BGA4243	3,00	64,7	0,5	0,3	63,5	65,9
BGA6030	3,00	75,7	0,3	0,1	75,0	76,3
Arroz da Terra	2,00	72,7	0,2	0,2	70,6	74,8
AcreFino	3,00	66,1	0,2	0,1	65,7	66,6
Primavera	3,00	73,5	0,3	0,1	72,9	74,1
SBT282	2,00	75,6	0,0	0,0	75,6	75,6
Cambará	3,00	73,2	0,1	0,1	72,9	73,4
N. 2583	2,00	67,6	0,8	0,6	60,2	75,1
TEMPERATURA DE CONCLUSÃO DE GELATINIZAÇÃO TC (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	79,9	0,4	0,2	79,0	80,8
Douradão	3,00	80,3	0,6	0,4	78,7	81,8
Xingu	3,00	79,9	0,2	0,1	79,4	80,4
BGA4243	3,00	68,5	0,6	0,4	67,0	70,0
BGA6030	3,00	80,9	0,7	0,4	79,1	82,7
Arroz da Terra	2,00	77,0	0,1	0,1	76,3	77,7
AcreFino	3,00	70,5	0,2	0,1	69,9	71,1
Primavera	3,00	78,3	0,3	0,2	77,6	78,9
SBT282	2,00	79,1	0,0	0,0	78,7	79,4
Cambará	3,00	77,7	0,2	0,1	77,3	78,1
N. 2583	2,00	72,3	0,9	0,7	63,8	80,7
VALOR DE ENTALPIA DE GELATINIZAÇÃO (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	12,9	0,1	0,1	12,6	13,3
Douradão	3,00	12,9	0,0	0,0	12,8	12,9
Xingu	3,00	13,1	0,3	0,2	12,3	13,9
BGA4243	3,00	8,5	0,3	0,2	7,7	9,4
BGA6030	3,00	14,7	0,2	0,1	14,3	15,1

Arroz da Terra	2,00	13,9	0,1	0,1	12,9	14,9
AcreFino	3,00	9,2	0,4	0,2	8,4	10,1
Primavera	3,00	12,4	0,2	0,1	12,0	12,8
SBT282	2,00	12,0	0,3	0,2	9,1	14,9
Cambará	3,00	11,6	0,4	0,3	10,6	12,7
N. 2583	2,00	10,6	0,1	0,1	9,6	11,7
TEMPERATURA INICIAL DE RETROGRADAÇÃO To (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	39,2	0,7	0,4	37,4	40,9
Douradão	3,00	41,2	0,9	0,5	38,8	43,5
Xingu	3,00	40,0	0,4	0,2	39,0	40,9
BGA4243	2,00	39,4	0,1	0,1	38,7	40,1
BGA6030	2,00	38,5	1,3	0,9	27,2	49,9
Arroz da Terra	2,00	36,9	0,5	0,3	32,6	41,1
AcreFino	3,00	38,5	0,4	0,2	37,5	39,5
Primavera	3,00	35,9	0,4	0,3	34,8	37,0
SBT282	2,00	37,8	1,0	0,7	29,1	46,4
Cambará	3,00	38,0	1,3	0,7	34,8	41,2
N. 2583	2,00	42,0	2,7	1,9	17,8	66,2
TEMPERATURA DE PICO DE RETROGRADAÇÃO Tp (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	51,2	0,1	0,1	51,0	51,5
Douradão	3,00	51,3	0,3	0,2	50,4	52,2
Xingu	3,00	50,2	0,3	0,2	49,3	51,0
BGA4243	2,00	48,4	0,1	0,1	47,3	49,5
BGA6030	2,00	49,8	0,2	0,2	47,7	52,0
Arroz da Terra	2,00	47,8	0,5	0,3	43,6	52,1
AcreFino	3,00	47,9	0,6	0,3	46,5	49,4
Primavera	3,00	49,5	0,8	0,5	47,4	51,5
SBT282	2,00	50,1	0,6	0,4	44,7	55,4
Cambará	3,00	49,9	0,2	0,1	49,3	50,6
N. 2583	2,00	48,7	2,0	1,4	30,6	66,8
TEMPERATURA DE CONCLUSÃO DE RETROGRADAÇÃO TC (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	59,1	0,4	0,2	58,2	60,1
Douradão	3,00	59,2	0,3	0,2	58,5	59,9
Xingu	3,00	59,3	0,4	0,2	58,3	60,3
BGA4243	2,00	57,1	0,2	0,1	55,4	58,8
BGA6030	2,00	59,2	0,2	0,1	57,3	61,1
Arroz da Terra	2,00	59,9	0,9	0,6	51,9	67,9
AcreFino	3,00	57,1	0,1	0,1	56,8	57,4
Primavera	3,00	58,9	0,3	0,1	58,3	59,6
SBT282	2,00	59,5	0,1	0,0	58,9	60,0
Cambará	3,00	58,6	0,3	0,2	57,9	59,2

N. 2583	2,00	57,9	0,9	0,6	49,8	66,0
VALOR DE ENTALPIA DE RETROGRADAÇÃO (DSC)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	3,00	8,0	0,3	0,1	7,4	8,6
Douradão	3,00	7,5	0,2	0,1	7,1	8,0
Xingu	3,00	7,7	0,1	0,1	7,3	8,0
BGA4243	2,00	4,5	0,1	0,0	3,9	5,1
BGA6030	2,00	9,9	0,1	0,1	9,1	10,6
Arroz da Terra	2,00	9,1	0,1	0,1	8,2	10,0
AcreFino	3,00	5,1	0,2	0,1	4,6	5,7
Primavera	3,00	8,3	0,3	0,1	7,7	9,0
SBT282	2,00	10,1	0,1	0,1	9,3	11,0
Cambará	3,00	7,7	0,3	0,2	6,9	8,4
N. 2583	2,00	0,6	0,0	0,0	0,4	0,7
PICO DE VISCOSIDADE (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	278,4	9,3	2,7	272,5	284,3
Douradão	12,00	276,8	14,4	4,2	267,7	286,0
Xingu	12,00	259,1	12,7	3,7	251,0	267,2
BGA4243	12,00	234,9	22,1	6,4	220,8	248,9
BGA6030	12,00	166,8	25,7	7,4	150,5	183,2
Arroz da terra	12,00	196,4	16,0	4,6	186,2	206,6
AcreFino	12,00	137,5	12,4	3,6	129,7	145,4
Primavera	12,00	197,5	11,4	3,3	190,3	204,8
SBT282	12,00	256,0	17,7	5,1	244,8	267,2
Cambará	12,00	211,3	14,1	4,1	202,4	220,3
N2583	12,00	63,2	5,3	1,5	59,8	66,5
QUEBRA DA VISCOSIDADE (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	147,2	7,1	2,1	142,7	151,7
Douradão	12,00	153,1	9,3	2,7	147,2	159,0
Xingu	12,00	134,4	6,8	2,0	130,0	138,7
BGA4243	12,00	34,8	9,7	2,8	28,7	41,0
BGA6030	12,00	64,4	16,9	4,9	53,6	75,1
Arroz da terra	12,00	67,8	7,3	2,1	63,1	72,4
AcreFino	12,00	30,3	3,9	1,1	27,8	32,8
Primavera	12,00	77,8	6,0	1,7	74,0	81,6
SBT282	12,00	111,2	10,9	3,1	104,3	118,1
Cambará	12,00	82,0	7,9	2,3	77,0	87,0
N2583	12,00	44,2	3,5	1,0	42,0	46,4
QUEBRA DA VISCOSIDADE FINAL (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	240,4	12,2	3,5	232,7	248,2
Douradão	12,00	223,4	12,2	3,5	215,7	231,2

Xingu	12,00	237,7	14,9	4,3	228,2	247,1
BGA4243	12,00	442,1	37,7	10,9	418,2	466,0
BGA6030	12,00	136,7	14,6	4,2	127,4	146,0
Arroz da terra	12,00	268,6	16,9	4,9	257,9	279,3
AcreFino	12,00	235,3	19,0	5,5	223,3	247,4
Primavera	12,00	258,5	12,5	3,6	250,6	266,4
SBT282	12,00	281,8	16,8	4,9	271,1	292,5
Cambará	12,00	273,0	13,1	3,8	264,7	281,3
N2583	12,00	26,4	2,1	0,6	25,1	27,7
TENDÊNCIA A RETROGRADAÇÃO (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	109,3	8,2	2,4	104,0	114,5
Douradão	12,00	99,6	6,6	1,9	95,4	103,8
Xingu	12,00	112,9	9,1	2,6	107,1	118,7
BGA4243	12,00	242,1	24,8	7,1	226,3	257,8
BGA6030	12,00	34,2	5,5	1,6	30,7	37,7
Arroz da terra	12,00	140,0	8,0	2,3	134,9	145,0
AcreFino	12,00	128,1	12,3	3,5	120,3	135,9
Primavera	12,00	138,8	5,6	1,6	135,2	142,3
SBT282	12,00	137,0	12,1	3,5	129,3	144,7
Cambará	12,00	143,7	6,1	1,8	139,8	147,6
N2583	12,00	7,4	0,5	0,2	7,1	7,7
TEMPERATURA DE PICO (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	5,5	0,1	0,0	5,5	5,6
Douradão	12,00	5,5	0,0	0,0	5,5	5,5
Xingu	12,00	5,5	0,0	0,0	5,5	5,5
BGA4243	12,00	5,8	0,1	0,0	5,8	5,9
BGA6030	12,00	4,4	0,0	0,0	4,3	4,4
Arroz da terra	12,00	5,7	0,1	0,0	5,6	5,8
AcreFino	12,00	5,6	0,1	0,0	5,6	5,6
Primavera	12,00	5,5	0,1	0,0	5,4	5,5
SBT282	12,00	5,4	0,1	0,0	5,4	5,5
Cambará	12,00	5,5	0,0	0,0	5,4	5,5
N2583	12,00	3,2	0,0	0,0	3,1	3,2
TEMPERATURA DA PASTA (RVA)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	12,00	81,1	0,4	0,1	80,8	81,3
Douradão	12,00	80,6	0,3	0,1	80,3	80,8
Xingu	12,00	81,2	0,4	0,1	81,0	81,5
BGA4243	12,00	86,6	0,7	0,2	86,1	87,0
BGA6030	12,00	78,2	0,4	0,1	77,9	78,5
Arroz da terra	12,00	77,8	0,4	0,1	77,5	78,1
AcreFino	12,00	86,4	0,6	0,2	86,0	86,8

GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	18	169,8	17,1	4,0	161,3	178,3
Douradão	18	146,3	9,2	2,2	141,7	150,9
Xingu	18	158,8	14,3	3,4	151,7	165,9
BGA4243	18	102,3	7,9	1,9	98,4	106,2
BGA6030	18	94,0	11,8	2,8	88,1	99,8
Arroz da terra	18	158,2	14,1	3,3	151,2	165,1
AcreFino	18	147,3	15,6	3,7	139,6	155,1
Primavera	18	125,1	10,0	2,4	120,1	130,1
SBT282	18	132,4	11,8	2,8	126,6	138,2
Cambará	18	130,5	11,5	2,7	124,8	136,2
N2583	18	141,3	3,9	0,9	139,4	143,2

TEXTURA INSTRUMENTAL DO GEL DO RVA (DUREZA)

GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	9	797,0	221,8	73,9	626,6	967,5
Douradão	9	1051,7	404,4	134,8	740,8	1362,5
Xingu	9	769,6	282,9	94,3	552,2	987,1
BGA4243	9	1770,3	649,8	216,6	1270,8	2269,8
BGA6030	9	434,5	228,8	76,3	258,6	610,4
Arroz da terra	9	2116,9	394,5	131,5	1813,7	2420,1
AcreFino	9	1653,0	339,8	113,3	1391,8	1914,2
Primavera	9	1414,6	733,1	244,4	851,1	1978,1
SBT282	9	1207,2	381,1	127,0	914,3	1500,1
Cambará	9	1790,9	569,6	189,9	1353,1	2228,8
N2583	9	33605,4	66099,6	22033,2	-17203,3	84414,1

TEXTURA INSTRUMENTAL DO GEL DO RVA (PEGAJOSIDADE)

GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	-0,95	0,95
SBT432	9	-	454855,7	151618,6	-	119526,4
Douradão	9	-1010,1	226,5	75,5	-1184,2	-836,0
Xingu	9	-919,4	273,2	91,1	-1129,4	-709,5
BGA4243	9	-2062,6	581,7	193,9	-2509,7	-1615,5
BGA6030	9	-405,8	190,4	63,5	-552,2	-259,5
Arroz da terra	9	-2527,4	858,9	286,3	-3187,6	-1867,1
AcreFino	9	-1830,2	613,0	204,3	-2301,4	-1359,0
Primavera	9	-2150,3	660,9	220,3	-2658,3	-1642,4
SBT282	9	-1488,8	570,0	190,0	-1926,9	-1050,6
Cambará	9	-2125,6	865,3	288,4	-2790,8	-1460,5
N2583	9	-125,3	63,2	21,1	-173,9	-76,8

TEXTURA INSTRUMENTAL DO GEL DO RVA (ELASTICIDADE)

GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	9	0,9	0,0	0,0	0,9	0,9
Douradão	9	0,9	0,0	0,0	0,9	0,9
Xingu	9	0,8	0,2	0,1	0,7	1,0

BGA4243	9	0,9	0,2	0,1	0,7	1,0
BGA6030	9	0,8	0,2	0,1	0,7	1,0
Arroz da terra	9	0,9	0,3	0,1	0,7	1,1
AcreFino	9	0,9	0,2	0,1	0,7	1,0
Primavera	9	0,8	0,2	0,1	0,7	1,0
SBT282	9	0,9	0,0	0,0	0,9	0,9
Cambará	9	0,8	0,2	0,1	0,6	1,0
N2583	9	0,8	0,1	0,0	0,7	0,9
TEXTURA INSTRUMENTAL DO GEL DO RVA (COESIVIDADE)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	9	0,6	0,0	0,0	0,6	0,6
Douradão	9	0,6	0,0	0,0	0,6	0,6
Xingu	9	0,6	0,0	0,0	0,6	0,6
BGA4243	9	0,4	0,0	0,0	0,4	0,5
BGA6030	9	0,6	0,0	0,0	0,6	0,7
Arroz da terra	9	0,5	0,1	0,0	0,4	0,5
AcreFino	9	0,5	0,1	0,0	0,4	0,5
Primavera	9	0,5	0,0	0,0	0,4	0,5
SBT282	9	0,5	0,1	0,0	0,5	0,6
Cambará	9	0,4	0,0	0,0	0,4	0,5
N2583	9	0,6	0,1	0,0	0,6	0,7
TEXTURA INSTRUMENTAL DO GEL DO RVA (MASTIGABILIDADE)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	9	383,1668	163,3858	54,46193	257,5773	508,7562
Douradão	9	628,5	264,6	88,2	425,1	831,9
Xingu	9	398,2	171,3	57,1	266,5	529,8
BGA4243	9	694,8	321,2	107,1	447,9	941,7
BGA6030	9	247,3	136,9	45,6	142,1	352,5
Arroz da terra	9	803,3	264,4	88,1	600,1	1006,5
AcreFino	9	674,8	182,0	60,7	534,9	814,6
Primavera	9	656,4	210,4	70,1	494,6	818,1
SBT282	9	573,7	171,5	57,2	441,8	705,5
Cambará	9	695,4	336,9	112,3	436,4	954,3
N2583	9	140,5544	31,6740	10,55802	116,2076	164,9013
DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA						
GRAU DE POLIMERIZAÇÃO (GP 6-12)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	2	26,3	0,2	0,1	24,8	27,9
Douradão	2	26,9	0,0	0,0	26,9	26,9
Xingu	2	27,1	0,3	0,2	24,0	30,1
BGA4243	2	30,4	0,6	0,4	25,1	35,6
BGA6030	2	26,0	0,5	0,3	21,6	30,3
Arroz da terra	2	26,5	0,0	0,0	26,5	26,5
AcreFino	2	29,8	1,2	0,9	18,9	40,6

Primavera	2	28,2	0,1	0,0	27,6	28,7
SBT282	2	26,9	0,6	0,4	21,9	31,9
Cambará	2	28,1	0,3	0,2	25,2	31,0
N2583	2	29,9	0,0	0,0	29,9	29,9
DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA						
GRAU DE POLIMERIZAÇÃO (GP 13-24)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	2	52,3	0,3	0,2	49,7	54,9
Douradão	2	52,8	0,0	0,0	52,8	52,8
Xingu	2	52,4	0,2	0,1	50,6	54,3
BGA4243	2	47,8	0,3	0,2	44,7	50,8
BGA6030	2	51,6	0,4	0,3	47,6	55,5
Arroz da terra	2	50,9	0,0	0,0	50,9	50,9
AcreFino	2	48,1	1,0	0,7	39,5	56,6
Primavera	2	51,0	0,0	0,0	50,8	51,3
SBT282	2	52,2	0,2	0,1	50,3	54,0
Cambará	2	51,1	0,1	0,1	50,2	51,9
N2583	2	47,8	0,0	0,0	47,8	47,8
DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA						
GRAU DE POLIMERIZAÇÃO (GP 25-36)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	2	10,6	0,2	0,1	8,8	12,5
Douradão	2	10,0	0,0	0,0	10,0	10,0
Xingu	2	9,9	0,1	0,1	9,0	10,9
BGA4243	2	10,9	0,5	0,3	6,6	15,1
BGA6030	2	11,2	0,3	0,2	8,4	14,1
Arroz da terra	2	11,1	0,0	0,0	11,1	11,1
AcreFino	2	11,4	0,8	0,6	4,4	18,4
Primavera	2	10,4	0,0	0,0	10,0	10,8
SBT282	2	10,4	0,0	0,0	10,0	10,8
Cambará	2	10,3	0,3	0,2	8,0	12,6
N2583	2	11,2	0,0	0,0	11,2	11,2
DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA						
GRAU DE POLIMERIZAÇÃO (GP >37)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	2	10,8	0,3	0,2	8,5	13,1
Douradão	2	10,3	0,0	0,0	10,3	10,3
Xingu	2	10,6	0,0	0,0	10,4	10,8
BGA4243	2	11,0	0,4	0,3	7,0	15,0
BGA6030	2	11,2	0,6	0,4	5,7	16,7
Arroz da terra	2	11,5	0,0	0,0	11,5	11,5
AcreFino	2	10,8	1,4	1,0	-1,7	23,2
Primavera	2	10,4	0,0	0,0	10,0	10,9
SBT282	2	10,5	0,4	0,3	7,0	14,1

Cambará	2	10,6	0,0	0,0	10,3	10,8
N2583	2	11,1	0,0	0,0	11,1	11,1
DISTRIBUIÇÃO DOS COMPRIMENTOS DE CADEIAS RAMIFICADAS DA AMILOPECTINA						
CADEIAS LONGAS (CL)						
GENÓTIPO	REPETIÇÕES	MEDIA	DESVIO PADRAO	ERRO PADRAO	-0,95	0,95
SBT432	2	19,8	0,1	0,1	18,6	21,0
Douradão	2	19,5	0,0	0,0	19,5	19,5
Xingu	2	19,6	0,1	0,0	19,1	20,1
BGA4243	2	19,5	0,3	0,2	17,0	22,0
BGA6030	2	20,0	0,3	0,2	17,4	22,6
Arroz da terra	2	20,1	0,0	0,0	20,1	20,1
AcreFino	2	19,5	0,7	0,5	12,9	26,1
Primavera	2	19,5	0,0	0,0	19,2	19,8
SBT282	2	19,6	0,2	0,2	17,7	21,5
Cambará	2	19,5	0,0	0,0	19,1	19,9
N2583	2	19,7	0,0	0,0	19,7	19,7