

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AGROINDUSTRIAL**



**EFEITOS DA PRESSÃO E DO TEMPO DE AUTOCLAVAGEM NA
PARBOILIZAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS E A FRAÇÃO
LIPÍDICA DO ARROZ**

**FLÁVIA FERNANDES PAIVA
Bacharel em Química de Alimentos**

**PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
2011**

FLÁVIA FERNANDES PAIVA
Bacharel em Química de Alimentos

**EFEITOS DA PRESSÃO E DO TEMPO DE AUTOCLAVAGEM NA
PARBOILIZAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS E A FRAÇÃO
LIPÍDICA DO ARROZ**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Agroindustrial
da Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Ciência e
Tecnologia Agroindustrial.

Comitê de Orientação:
Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Orientador)
Prof. Dr. Paulo Romeu Gonçalves

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
2011

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

P149e Paiva, Flávia Fernandes

Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem na parboilização sobre a qualidade dos grãos e a fração lipídica do arroz / Flávia Fernandes Paiva ; orientador Moacir Cardoso Elias ; co-orientador Paulo Romeu Gonçalves. - Pelotas, 2011.-103f. ; il.- Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1.Oryza sativa 2.Parboilização 3.Autoclavagem
4.Perfil lipídico 5.g-orizanol I Elias, Moacir
Cardoso(orientador) II .Título.

CDD 633.18

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias

Prof. Dr. Jander Luis Fernandes Monks

Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer

Aos meus pais, Flávio e Helaine e à minha irmã, Hélien,
por representarem tudo pra mim, exemplos de amor;
por sempre estimularem meus esforços e acreditarem em
mim e nunca permitirem que eu desistisse dos meus
objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar uma vida privilegiada com saúde e uma família maravilhosa. Por ser meu guia, dando-me força para superar as dificuldades, mostrando-me os caminhos certos e me suprimindo em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais Flávio e Helaine por terem dedicado toda suas vidas a mim e a minha irmã. Por serem os maiores exemplos de amor e carinho que pais poderiam dar a seus filhos. Pela educação, apoio, condições materiais, emocionais que sempre me proporcionaram. Sou eternamente grata, amo muito vocês.

A minha irmã Hélen, minha bonequinha que Deus me deu, a qual eu amo muito e que sempre me apoiou em tudo, que me deu os melhores conselhos, que sempre sorriu e chorou comigo, que é a minha melhor amiga e companheira que eu me orgulho muito.

Aos meus familiares, em especial, aos meus dindos Dulcy e Luís Antônio e meus primos Juliano e Fabiano pelo amor que sempre me deram e por sempre torcerem por mim.

Aos meus amigos-irmãos Alice, Tiago Nardello e Tiago Ianzer, que sempre estiveram comigo me dando amor, apoio e alegrias.

Ao meu orientador Moacir Cardoso Elias, por ter me recebido com muito carinho e ter me ensinado muitas coisas, entre elas que sempre tem espaço pra mais um e a trabalhar em equipe. Pelo exemplo de profissional que é e pelo amor que tem pelo que faz. Agradeço pela sua amizade, atenção, paciência, orientação e incentivo.

Aos professores Álvaro Dias, Manoel Schirmer e Márcia Gularte pela amizade e conselhos que sempre me deram.

Ao querido professor Rui Zambiasi, por representar um exemplo de profissional a ser seguido e pela grande contribuição dada para a conclusão deste trabalho.

Ao colega Rafael Schiavon que sempre trabalhou ao meu lado, colaborando imensamente durante toda a realização desta pesquisa, se tornando, além de um grande amigo, o meu "anjo da guarda".

Aos colegas do Laboratório de Grãos, Alberto, Alexandra, Ana Paula, Bruna A., Bruna K., Cristiano, Daniel, Daniele, Diego, Fabrine, Fernanda, Franciela, Franciene, Gilberto, Ismael, Joana, Joaquim, Juliane, Lúcia, Marcos, Maurício, Nathan, Ricardo P., Ricardo S., Vânia, Vinícius, pela amizade, companheirismo, descontração e pelos conhecimentos diariamente compartilhados, além da ajuda na interminável tarefa de catar arroz.

Ao professor Jorge A. Silva por ter me aconselhado com sabedoria quando recorri a ele.

Ao amigo Marcos, excelente funcionário desta Universidade, pela sua atenciosidade e agradável convivência.

À CAPES ao incentivo concedido à continuação dos meus estudos.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram da concretização deste sonho.

“Pedras no caminho?
Guardo todas,
um dia vou construir um castelo...”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

PAIVA, FLÁVIA FERNANDES. EFEITOS DA PRESSÃO E DO TEMPO DE AUTOCLAVAGEM NA PARBOILIZAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS E A FRAÇÃO LIPÍDICA DO ARROZ. 2011. 103f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O arroz é o principal alimento na dieta de mais da metade da população mundial. No Brasil os maiores consumos são de grão branco (convencional), parboilizado e integral, nessa ordem. No processo de parboilização há reestruturação dos grãos e migração de nutrientes do gérmen e das camadas periféricas para o interior da cariopse, proporcionando maior rendimento de grãos inteiros, aumento do seu valor nutritivo e maior vida de prateleira, quando comparado com o arroz branco. O óleo de arroz apresenta uma fração conhecida como matéria insaponificável, que corresponde a aproximadamente 4% do óleo, o qual consiste de fitosteróis, álcoois triterpênicos, ésteres do ácido ferúlico (gama-orizanol) e tocóis (vitamina E, tocoferóis e tocotrienóis). Esta fração do óleo, responsável pelas propriedades nutraceuticas, apresenta atividade antioxidante e efeito hipocolesterolêmico. O aumento do consumo de arroz parboilizado tem contribuído para a busca de conhecimentos sobre o processo de parboilização e os benefícios atribuídos por ele. Objetivou-se, com o trabalho, estudar efeitos do beneficiamento industrial e da pressão e do tempo de autoclavagem na parboilização sobre parâmetros físicos, de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz. Foram utilizados grãos da classe longo fino, produzidos em sistema irrigado. O experimento foi conduzido em delineamentos inteiramente casualizado e os resultados submetidos à análise de variância, com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados indicam que a parboilização provoca alterações nos atributos sensoriais, aumento nos teores de cinzas, lipídeos, fibras e proteínas dos grãos polidos, e da firmeza, da gomosidade e da mastigabilidade dos grãos cozidos, com reduções da adesividade e dos parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos. Aumento da pressão na autoclavagem provoca aumentos dos teores de cinzas, fibras e lipídeos nos grãos polidos, e da firmeza e adesividade dos grãos cozidos, aumentando também seu tempo de cocção, com reduções nos rendimentos gravimétrico e volumétrico.

Aumentos da pressão e do tempo da operação de autoclavagem no processo de parboilização não alteram os perfis da fração γ -orizanol e do óleo de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa*; parboilização; autoclavagem; perfil lipídico; γ -orizanol

ABSTRACT

PAIVA, FLÁVIA FERNANDES. EFFECTS OF PRESSURE AND TIME IN AUTOCLAVING PARBOILED ON THE QUALITY GRAINS AND LIPID FRACTION OF RICE. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Rice is the staple diet of over half the world population. In Brazil the highest consumptions of grain white (conventional), parboiled and brown rice, in that order. In the process of restructuring of the grain is parboiled and nutrient migration of the germ layers and the peripheral into the caryopsis, providing higher yields of whole grains, increase their nutritional value and longer shelf life compared to white rice. The rice oil has a fraction known as the unsaponifiable matter, which corresponds to about 4% oil, which consists of phytosterols, triterpene alcohols, esters of ferulic acid (γ -oryzanol) and play (vitamin E, tocopherols and tocotrienols). This fraction of the oil responsible for the nutraceutical properties has antioxidant and hypocholesterolemic effect. The increased consumption of rice has contributed to the pursuit of knowledge about the parboiling process and the benefits conferred by it. The aim of the work, to study effect of processing and industrial pressure and time of autoclaving on parboiling on physical and chemical evaluation, technology and quality of γ -oryzanol in rice grains consumption, lipid profile and Beans were used along fine grade, produced in the irrigation system. The experiment was conducted in completely randomized designs and the results submitted to analysis of variance with means compared by Tukey test at 5% significance level. The results indicate that parboiling cause changes in sensory attributes, increase in ash content, fat, fiber and protein content of grains polished, and firmness, gumminess and chewiness of the cooked beans, with reduction of the adhesiveness and the profile parameters branquimétrico grain. Increased pressure in the autoclave causes increases of ash, fiber and fat in the polished grains, and the firmness and adhesiveness of cooked grains, while increasing your cooking time, with reductions in income gravimetric and volumetric. Pressure increases and the operation time of autoclaving in the parboiling process do not change the γ -oryzanol fraction or the lipid of rice oil.

Keywords: *Oryza sativa*; parboiling, autoclaving, lipid profile, γ - orizanol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Produção mundial de arroz em casca na safra de 2008.....	23
Figura 2	Estrutura anatômica do grão de arroz.....	24
Figura 3	Fórmulas estruturais dos compostos majoritários da fração γ -orizanol	31
Figura 4	Ficha utilizada para avaliação sensorial e aceitabilidade em arroz cozido.....	42
Figura 5	Isotermas de hidratação do arroz, nas temperaturas de 60, 65 e 70°C.....	46
Figura 6	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz convencional e parboilizado.....	53
Figura 7	Aceitabilidade avaliada pela intenção de compra para grãos de arroz convencional e parboilizado.....	53
Figura 8	Cromatograma do GC/FID de mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos.....	55
Figura 9	Cromatograma do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz convencional integral.....	56
Figura 10	Cromatograma do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz parboilizado integral.....	56
Figura 11	Cromatograma típico do γ -orizanol nas amostras de farinha de arroz integral.....	58
Figura 12	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem.....	75
Figura 13	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem.....	76

Figura 14	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem.....	76
Figura 15	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem.....	77
Figura 16	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem.....	77
Figura 17	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem.....	78
Figura 18	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem.....	78
Figura 19	Aceitabilidade avaliada pela intenção de compra das amostras de arroz parboilizadas a diferentes pressões e tempos de autoclavagem	83
Figura 20	Cromatograma do GC/FID de mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos.....	84
Figura 21	Cromatograma típico do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz parboilizado integral submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	85
Figura 22	Cromatograma típico do γ -orizanol nas amostras de farinha de arroz parboilizado integral submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Fórmula molecular e a nomenclatura dos ácidos graxos do arroz.....	30
Tabela 2	Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e fração γ -orizanol em arroz.....	34
Tabela 3	Efeitos da pressão do tempo e de autoclavagem sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica, qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.....	35
Tabela 4	Peso volumétrico dos grãos de arroz em casca parboilizado e não parboilizado.....	47
Tabela 5	Constituintes químicos de avaliação nutricional e peso de mil grãos para arroz convencional polido e parboilizado polido, ambos com umidade ajustada para 13%.....	48
Tabela 6	Perfil branquimétrico dos grãos de arroz convencional e parboilizados.....	49
Tabela 7	Perfil colorimétrico dos grãos de arroz convencional e parboilizados.....	50
Tabela 8	Parâmetros do perfil textuométrico dos grãos de arroz beneficiado pelo processo convencional e pelo parboilizado.....	51
Tabela 9	Parâmetros de cocção dos grãos de arroz beneficiado pelo processo convencional e pelo parboilizado.....	52
Tabela 10	Ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz convencional integral e parboilizado integral.....	55
Tabela 11	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz convencional integral e parboilizado integral.....	57
Tabela 12	Conteúdo de γ -orizanol presente no arroz integral parboilizado e não parboilizado.....	59

Tabela 13	Peso volumétrico (g.L^{-1}) em grãos de arroz em casca parboilizado submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	60
Tabela 14	Grau de gelatinização (%) de grãos com gelatinização em mais da metade em grãos arroz polidos, submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	60
Tabela 15	Peso de mil grãos (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	61
Tabela 16	Conteúdo (%) de minerais ou cinzas em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	62
Tabela 17	Conteúdo (%) de fibras em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	63
Tabela 18	Conteúdo (%) de lipídeos em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	63
Tabela 19	Conteúdo (%) de proteínas em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	64
Tabela 20	Conteúdo (%) de carboidratos em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	64

Tabela 21	Índice (%) de brancura, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	66
Tabela 22	Índice (%) de transparência, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	66
Tabela 23	Índice (%) de polimento, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	67
Tabela 24	Valores de luminosidade em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	68
Tabela 25	Valores de “a” em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	68
Tabela 26	Valores de “b” em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	69
Tabela 27	Firmeza (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas	71
Tabela 28	Adesividade (J) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	71

Tabela 29	Elasticidade (mm) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	71
Tabela 30	Gomosidade (N) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	72
Tabela 31	Mastigabilidade (N.mm) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	72
Tabela 32	Tempo de cocção (minutos) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	73
Tabela 33	Rendimento gravimétrico (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	73
Tabela 34	Rendimento volumétrico (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	74
Tabela 35	Atributo sensorial de cor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	79
Tabela 36	Atributo sensorial de brilho em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	79

Tabela 37	Atributo sensorial de odor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	80
Tabela 38	Atributo sensorial de sabor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	81
Tabela 39	Atributo sensorial de solubilidade em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	81
Tabela 40	Atributo sensorial de firmeza em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	82
Tabela 41	Ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz parboilizado integral.....	84
Tabela 42	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 6 minutos.....	86
Tabela 43	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 11 minutos.....	87
Tabela 44	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 16 minutos.....	88
Tabela 45	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,3 Kgf.cm ⁻² sob diferentes tempos de autoclavagem.....	88

Tabela 46	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,6 Kgf.cm ⁻² sob diferentes tempos de autoclavagem.....	89
Tabela 47	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,9 Kgf.cm ⁻² sob diferentes tempos de autoclavagem.....	89
Tabela 48	Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 1,2 Kgf.cm ⁻² sob diferentes tempos de autoclavagem.....	90
Tabela 49	Conteúdo de γ -orizanol (mg.100g ⁻¹) em grãos de arroz parboilizado integral submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.....	91

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 REVISÃO.....	23
2.1 Arroz.....	23
2.2 Parboilização do arroz.....	25
2.2.1 Características do arroz parboilizado.....	27
2.3 Óleo de arroz.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Material.....	33
3.2 Métodos.....	33
3.2.1 Delineamento Experimental.....	33
3.2.1.1 Experimento 1 – Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol.....	34
3.2.1.2 Experimento 2 – Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem sobre parâmetros físicos, de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.....	34
3.2.2 Preparo das amostras.....	35
3.2.2.1 Processo convencional.....	35
3.2.2.2 Processo de parboilização.....	36
3.2.2.3 Processo de parboilização integral.....	37
3.2.3 Moagem.....	38
3.2.4 Avaliações.....	38

3.2.4.1	Peso volumétrico.....	38
3.2.4.2	Grau de gelatinização.....	38
3.2.4.3	Peso de mil grãos.....	38
3.2.4.4	Composição centesimal.....	38
3.2.4.4.1	Umidade.....	38
3.2.4.4.2	Proteína bruta.....	39
3.2.4.4.3	Extrato etéreo.....	39
3.2.4.4.4	Cinzas.....	39
3.2.4.4.5	Fibras.....	39
3.2.4.4.6	Carboidratos.....	39
3.2.4.5	Parâmetros de cocção.....	39
3.2.4.5.1	Tempo de cocção.....	39
3.2.4.5.2	Rendimentos de cocção.....	40
3.2.4.6	Atributos sensoriais.....	41
3.2.4.7	Perfil textuométrico.....	41
3.2.4.8	Perfil de cor	43
3.2.4.9	Perfil lipídico.....	43
3.2.4.9.1	Derivatização dos ácidos graxos.....	43
3.2.4.9.2	Condições cromatográficas para os ácidos graxos.....	44
3.2.4.10	Identificação e quantificação de γ -orizanol por cromatografia de alta eficiência.....	44
3.2.4.10.1	Preparo das amostras.....	44
3.2.4.10.2	Condições cromatográficas para o γ -orizanol.....	44
3.2.4.11	Análise Estatística.....	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46

4.1 Experimento 1 – Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol.....	47
4.1.1 Parâmetros químicos e tecnológicos.....	47
4.1.2 Parâmetros de cor.....	49
4.1.3 Perfil textuométrico.....	51
4.1.4 Características de consumo.....	52
4.1.4.1 Parâmetros de cocção.....	52
4.1.4.2 Avaliação sensorial.....	53
4.1.5 Perfil lipídico.....	54
4.1.6 γ -orizanol.....	58
4.2 Experimentos 2 – Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem sobre parâmetros físicos, de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.....	59
4.2.1 Parâmetros físicos, tecnológicos e de avaliação química.....	59
4.2.2 Propriedades de consumo.....	73
4.2.3 Fração lipídica.....	84
5 CONCLUSÕES.....	93
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo o principal alimento na dieta de mais da metade da população mundial. No Brasil é mais consumido nas formas de grão branco (polido), parboilizado e integral, nesta ordem. Porém há ultimamente grande aumento no consumo de arroz parboilizado, devido a melhorias no processo industrial, no produto e no conhecimento das pessoas a cerca de suas importantes propriedades para a nutrição e a saúde.

O processo de parboilização utiliza tratamento hidrotérmico, em que os grãos são submetidos à ação da água e do calor, sem qualquer agente químico, antes do descascamento. Este processo apresenta inúmeras vantagens em comparação com o arroz branco, como maior rendimento de grãos inteiros e aumento do seu valor nutritivo. Na etapa de encharcamento, efetuada com o arroz em casca, a água utilizada migra para o interior do grão arrastando compostos hidrossolúveis e propiciando também um meio adequado para a gelatinização do amido, que deverá ocorrer durante a autoclavagem. Com a posterior secagem, o grão torna-se mais resistente às tensões provocadas pelo beneficiamento, aumentando assim, o rendimento em grãos inteiros. Parte da fração lipídica e os compostos hidrossolúveis migram para o interior dos grãos, melhorando seu valor nutritivo.

Os lipídios no grão de arroz podem ser encontrados organizados em corpos lipídicos (esferossomos) na camada de aleurona, no gérmen e no endosperma, ou associados a grânulos de amido. Entretanto, a maior concentração ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Na fração lipídica, foi observada proporção de 84-87% de lipídios neutros, 5-7% de glicolipídios e 7-9% de fosfolipídios. O óleo, extraído do farelo apresenta uma fração denominada matéria insaponificável, que corresponde a aproximadamente 4% do óleo, a qual consiste de fitosteróis, álcoois triterpênicos, ésteres do ácido ferúlico (γ -orizanol) e tocóis (vitamina E, tocoferóis e tocotrienóis). Esta fração do óleo, responsável pelas propriedades nutracêuticas, apresenta atividade antioxidante e efeito hipocolesterolêmico.

Os expressivos aumentos de consumo e exportação de arroz parboilizado nos últimos anos têm contribuído para a crescente busca de conhecimentos sobre o processo de parboilização.

Objetivou-se, com o trabalho, avaliar efeitos do processo de beneficiamento industrial, da pressão e do tempo de autoclavagem na parboilização, sobre os parâmetros tecnológicos, de qualidade nutricional, atributos sensoriais, perfil lipídico e γ -orizanol em comparação com o processo convencional de beneficiamento industrial de arroz branco.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ARROZ

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um cereal de grande importância mundial, sendo um alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas. É a principal fonte de energia na dieta para pelo menos metade dessa população (HU *et al.*, 2004).

Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a produção mundial de arroz na safra de 2008 foi de 678 milhões de toneladas. O Brasil ocupa o nono lugar na produção de arroz no mundo (Figura 1), sendo o único país não Asiático a estar entre os dez maiores produtores (FAO, 2009). O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de arroz e representa 63% do total produzido no Brasil (IRGA, 2011).

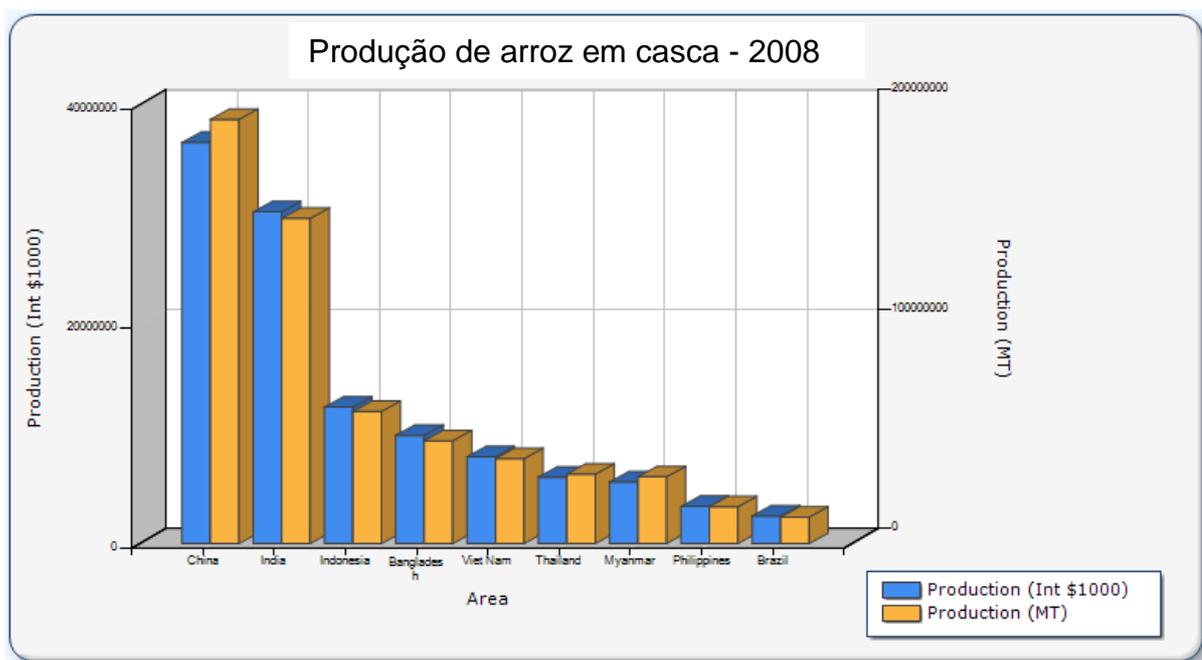


Figura 1. Produção mundial de arroz em casca na safra de 2008.

Fonte: FAO, 2009.

No mundo cerca de 20% das calorias dos alimentos são fornecidas por meio da alimentação de arroz (IRRI, 2011). No Brasil o consumo de arroz diário é próximo a 108g per capita (KENNY, 2001).

O arroz é constituído principalmente por amido e apresenta quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. No entanto, a composição do grão e

de suas frações está sujeita a diferenças decorrentes de variações ambientais, manejo, armazenamento e processamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações (Figura 2) do grão (WALTER *et al.*, 2007). Segundo Hoseney (1991), o grão de arroz é constituído de casca (22%), endosperma (70%) e camadas externas ao endosperma ou farelo (8%). 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 de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (CASTRO *et al.*, 1999, MONKS, 2010).

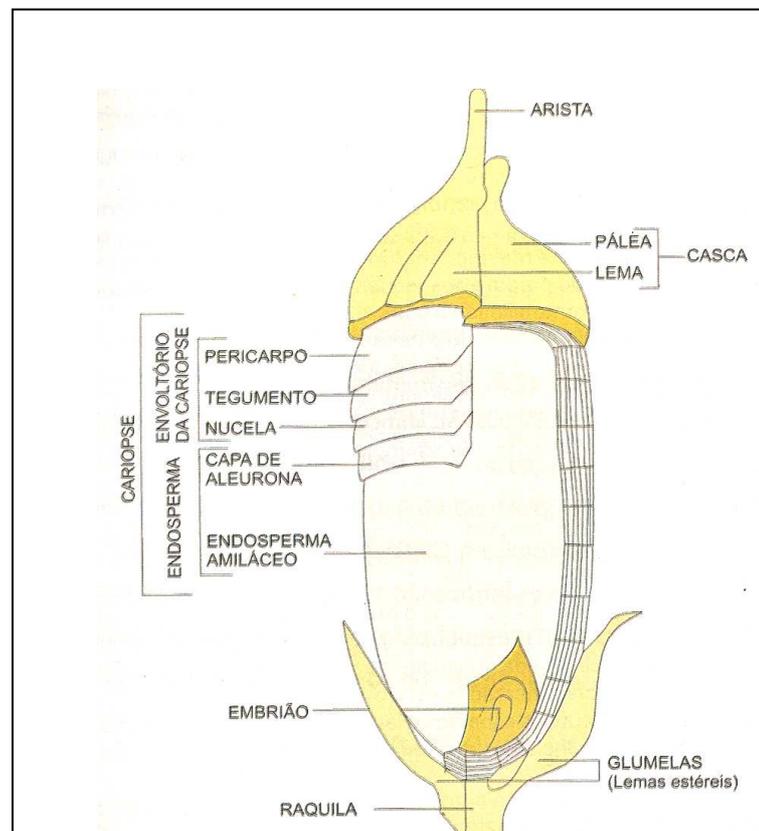


Figura 2. Estrutura anatômica do grão de arroz
Fonte: VIEIRA; CARVALHO (1999).

O grão de arroz polido apresenta aproximadamente 90% de seu peso seco correspondente a amido. Portanto, conhecer a estrutura e a composição do amido é de fundamental importância para determinar a qualidade do grão.

O amido é formado por dois polímeros, cadeias de amilose e amilopectina. Esta é formada por unidades de glicopirranose unidas por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada. Já a amilose é formada por unidades de

glicopirranose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia predominantemente linear. Para muitos autores (KADLEC, 2001; ELIASSON, 2004; TESTER *et al.*, 2004) a amilose é um polímero exclusivamente linear, porém, atualmente, alguns a têm considerado que pequenas partes de suas moléculas possuem ramificações como as cadeias de amilopectina.

Um dos fatores que mais influencia a preferência do consumidor de arroz decorre do conteúdo de amilose. O seu conteúdo no grão permite classificá-lo quanto ao teor de amilose em ceroso (1-2% amilose), muito baixo teor (2-12%), baixo teor (12-20%), intermediário (20-25%) e alto teor (25-33%). O conteúdo de amilose influencia diretamente o volume de expansão e de absorção de água durante o cozimento, assim como a dureza e a brancura do arroz cozido. Teores maiores de amilose proporcionam grãos mais soltos após seu cozimento (COFFMAN e JULIANO, 1987; JULIANO, 2009). Grãos com altos teores de amilose têm disposição à maior retrogradação do amido (HOUSTON, 1972).

Nas condições brasileiras, o arroz é consumido, principalmente, na forma de grãos inteiros beneficiados nos subgrupos polidos (branco), parboilizado e integral, nesta ordem (CASTRO *et al.*, 1999).

No processo de beneficiamento do arroz são separados do endosperma, parcial ou totalmente, o embrião e a película que recobre o grão. O arroz polido, constituído majoritariamente de amido, é também boa fonte de proteínas. As camadas periféricas que dão origem ao farelo (cerca de 8% do grão integral) destacam-se pela presença de nutrientes como fibras, gorduras e vitaminas do complexo B, com destaque ao ácido fólico. O germe ou embrião distingue-se pela composição em proteínas e lipídios (NAVES, 2007, MONKS, 2010).

Uma forma de aumentar o valor nutritivo do arroz é por meio da parboilização, que além de aprimorar algumas qualidades tecnológicas do grão, também possibilita um incremento do valor nutricional em comparação com o arroz branco, sobretudo no conteúdo mineral, no amido digestível e nas frações de fibra alimentar (BRUM *et al.*, 2007).

2.2 PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ

A palavra “parboilizado” deriva da expressão do termo inglês “parboiled”, originário da aglutinação de “partial” mais “boiled”, fornecendo uma idéia de aquecimento parcial (AMATO *et al.*, 1991).

A produção de arroz parboilizado no mundo corresponde cerca de 30% do total da produção de arroz, sendo um produto muito consumido no Sul da Ásia e da África (PROM-U-THAI *et al.*, 2009.)

No Brasil, o processo de parboilização tem evoluído muito, quintuplicando sua participação no mercado nacional nas duas últimas décadas, e isso se deve principalmente ao desenvolvimento de novas técnicas, melhorias nos equipamentos e ampliação do conhecimento dos fatores atuantes no processo. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Arroz Parboilizado (ABIAP), 23% do consumo de arroz do Brasil é do cereal que passa por parboilização (DORS *et al.*, 2009).

O processo de parboilização consiste em um tratamento hidrotérmico aplicado ao arroz em casca. É composto por três etapas: encharcamento (imersão), gelatinização e secagem (SOPONRONNARIT *et al.*, 2006). Neste processo, as operações correspondentes às do beneficiamento convencional são precedidas pelo tratamento hidrotérmico (ELIAS *et al.*, 2010).

A etapa de encharcamento consiste em hidratar o grão de arroz com casca em tanques com água quente por algumas horas. Cada genótipo de arroz possui suas próprias características frente à embebição. A hidratação é necessária para dar ao amido a umidade indispensável para a gelatinização, sendo necessário um conteúdo de água não inferior a 30%, para a maioria dos genótipos. A absorção de água por parte do grão resulta na difusão das substâncias solúveis em água que, desta forma, ficam distribuídas mais uniformemente na cariopse (AMATO e ELIAS, 2005).

Após o encharcamento, o arroz é geralmente submetido à autoclavagem, a qual tem por objetivo promover a gelatinização do amido, que é facilitada pelo fato de o grão alcançar umidade alta e energia gerada pelo calor da água de encharcamento (ELIAS, 1998). Para que o amido gelatinize, este deve absorver uma quantidade suficiente de água e alcançar a temperatura de gelatinização (AMATO e ELIAS, 2005).

A etapa de gelatinização pode ocorrer de duas maneiras: através do processo de autoclavagem ou a partir do processo de estufa. A diferença principal entre elas está na forma como se fornece energia ao amido, uma vez que no primeiro se dá em

autoclave e no segundo, em estufa cilíndrica rotativa (CARVALHO *et al.*, 1992). Processos que usam autoclaves, utilizados por indústrias de tecnologia mais avançada, têm maior eficiência na transferência de calor, uma vez que ocorre por via úmida, e constituem um dos requisitos obrigatórios para o Selo de Qualidade ABIAP. Segundo Silva (2003), a autoclavagem pode ser realizada a pressões de 0,3 a 1,2 Kgf.cm⁻², por 10 a 20 minutos em temperaturas de 108 a 116 °C. Em estufas ou fornos a transferência de calor ocorre por via seca, uma forma menos eficiente, que produz menor uniformidade e maiores dificuldades de controles operacionais do processo (ELIAS *et al.*, 2010).

Durante essa etapa, a estrutura cristalina do amido é rompida devida ao relaxamento de pontes de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, causando aumento do tamanho dos grânulos e solubilização parcial do amido. O inchamento dos grânulos e a solubilização da amilose e da amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular com a formação de uma pasta viscosa. (HOOVER, 2001).

A secagem final do arroz parboilizado tem dois objetivos: reduzir a umidade até um nível ótimo para o armazenamento, que é na faixa de 12 a 13%, e obter o máximo rendimento no beneficiamento industrial em termos de grãos inteiros (AMATO e ELIAS, 2005).

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DO ARROZ PARBOILIZADO

Durante o processo de parboilização do arroz ocorrem modificações nas características físico-químicas dos grãos começando com a gelatinização do amido (KADDUS MIAH, 2002). Este processo altera a forma do amido de cristalina para amorfa, tornando possível a obtenção de grãos mais firmes, translúcidos, duráveis e resistentes a quebras do que os brancos (DORS *et al.*, 2009).

O processo de parboilização proporciona aumento do valor nutricional, minimiza as quebras durante o beneficiamento, proporciona aumento do tempo de armazenamento e resistência à deterioração por insetos e mofos (ELBERT *et al.*, 2001).

Estudos comparando o arroz branco com o parboilizado verificam que o arroz parboilizado apresenta valor nutricional mais elevado devido à retenção de minerais

e vitaminas hidrossolúveis no interior do grão (JULIANO, 1985; HEINEMANN *et al.*, 2005).

Segundo Sujatha, *et al.* (2003), a parboilização do arroz retém mais proteínas, gorduras, cinzas e fibras do grão, porém diminui o conteúdo de açúcares e amilose tornando o grão mais nutritivo do que o arroz branco beneficiado pelo processo convencional. 28

Mickus e Luh (1980) relatam que a parboilização aumenta os níveis de alguns minerais. Da mesma forma, Padua e Juliano (1974) relatam um aumento de vitaminas devido a este processo, o qual também pode interferir sobre outras medidas de interesse nutricional.

Segundo Walter *et al.* (2005) e Helbig *et al.* (2008) o arroz parboilizado apresenta menor índice glicêmico em comparação com o arroz convencional (branco).

Durante o processo de parboilização há formação de amido resistente, que é a fração de amido não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso tendo atuação similar ao da fibra alimentar (SHAMAI, 2003).

Além de proporcionar aumento do valor nutritivo, na parboilização são aprimoradas algumas qualidades tecnológicas, como a redução da pegajosidade dos grãos, a esterilização e o aumento da vida de prateleira (STORCK, 2004).

Outra característica do arroz parboilizado, particularmente apreciada pelos consumidores ocidentais, consiste na sua textura mais firme e menor pegajosidade após o cozimento (TULEY, 1992).

A parboilização intensifica a cor dos grãos, tornando-os amarelados escuros ou âmbar, o que pode depreciar o produto, já que a maioria das pessoas tem preferência por um produto mais claro (AMATO e ELIAS, 2005).

A mudança de cor que ocorre durante o processo de parboilização é devida a diversos fatores, como temperatura e tempo de encharcamento, tempo e temperatura de gelatinização, duração e métodos de secagem (PILLAIYAR e MOHANDOSS, 1981; ELBERT *et al.*, 2001).

Outros estudos registram que as mudanças de coloração ocorridas nos grãos durante a parboilização podem ser devidas à migração de pigmentos da casca para o grão, escurecimento enzimático e ainda por escurecimento não enzimático do tipo Maillard (ITANI *et al.*, 2002; LAMBERTS, *et al.*, 2007).

2.3 ÓLEO DE ARROZ

A maior parte dos lipídeos do arroz está concentrada nas camadas periféricas do grão. Por meio do polimento obtém-se o farelo (pericarpo, parte externa do endosperma e gérmen) que representa cerca de 8,0% do grão inteiro. Este contém entre 12 e 18% de óleo, e por essa razão a extração de óleo é feita do farelo de arroz, já que o grão polido apresenta apenas, em média de 0,8 a 2% de óleo. Assim não seria rentável para a indústria extrair óleo a partir do grão (ORTHOEFER, 1996). Ultimamente as indústrias têm utilizado intensidades distintas na operação de polimento nos processos de beneficiamento convencional e por parboilização. Geralmente removem de 7 a 11% da cariopse ao produzirem arroz branco (MONKS *et al.*, 2010; ELIAS *et al.*, 2010) e de 4 a 11% no arroz parboilizado (ELIAS *et al.*, 2010)

O óleo de arroz é constituído por cerca de 68 a 71% de triacilgliceróis, 2 a 3% de digliceróis, 5 a 6% de monogliceróis e 2 a 3% de ácidos graxos livres, apresenta frações variáveis de glicolipídios (5 a 7%), fosfolipídios (7 a 9%), ceras (2 a 3%) e lipídeos insaponificáveis (aproximadamente 4%), segundo Pestana *et al.* (2008). Na fração insaponificável encontram-se esteróis, tocoferóis, tocotrienóis, álcoois triterpênicos (ORTHOEFER, 1996).

Entre outros óleos, o de arroz se destaca por conter predominantemente ácidos graxos insaturados. Esse óleo possui cerca de 80% de ácidos graxos insaturados, como os ômega ω -9 e ω -6 (oléico e linoléico, respectivamente), 1 a 2% do ácido graxo α -linolênico, ômega três (ω -3), e aproximadamente 18% de ácidos graxos saturados, com predomínio do palmítico e esteárico (GONÇALVES, 2007; FAGUNDES, 2010).

Os benefícios associados ao óleo de arroz são devidos não somente à sua composição triacilglicerídica adequada mas, principalmente, à fração insaponificável do óleo. Estes componentes são também importantes na prevenção e terapia associados a problemas no metabolismo de gorduras. Além de altos níveis de tocoferóis, tocotrienóis e fitosteróis, que conferem resistência à oxidação e à deterioração, o óleo de arroz tem sua estabilidade aumentada devido à presença de

um antioxidante ausente em outros óleos, o γ -orizanol, ao qual, tem sido atribuído efeito também hipocolesterolêmico (PAUCAR-MENACHO *et al.*, 2007).

A Tabela 1 apresenta a fórmula molecular das estruturas dos ácidos graxos saturados e insaturados, com a respectiva nomenclatura oficial e comum, que fazem parte da composição do óleo do arroz, segundo Lee *et al.* (2002).

Tabela 1. Fórmula molecular e a nomenclatura dos ácidos graxos do arroz.

Fórmula	Nome sistemático	Nome comum
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{12}\text{-COOH}$	ácido tetradecanóico	ácido mirístico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{13}\text{-COOH}$	ácido pentadecanóico	ácido pentadecílico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$	ácido hexadecanóico	ácido palmítico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{15}\text{-COOH}$	ácido heptadecanóico	ácido margárico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$	ácido octadecanóico	ácido esteárico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{18}\text{-COOH}$	ácido eicosanóico	ácido araquídico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{20}\text{-COOH}$	ácido docosanóico	ácido behênico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{22}\text{-COOH}$	ácido tetracosanóico	ácido lignocérico
$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2 \quad \Delta_9$	ácido 9- hexadecenóico	ácido palmitoléico
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 \quad \Delta_9$	ácido 9-octadecenóico	ácido oléico
$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2 \quad \Delta_{9,12}$	ácido 9,12-octadecadienóico	ácido linoléico
$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2 \quad \Delta_{9,12,15}$	ácido 9,12,15-octadecatrienóico	ácido linolênico
$\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2 \quad \Delta_{11}$	ácido 11-eicosenóico	-
$\text{C}_{20}\text{H}_{36}\text{O}_2 \quad \Delta_{11,14}$	ácido 11,14-eicosadienóico	-

Fonte: Lee *et al.* (2002)

O óleo de arroz apresenta expressivo conteúdo de tocoferóis e tocotrienóis, conhecidos por tocóis (família de isômeros com atividade de vitamina E). Os tocóis representam fator importante sob o ponto de vista de estabilidade oxidativa. Os tocoferóis alfa, gama e delta são os principais representantes da família dos tocóis

no óleo de arroz e representam cerca de 1.000 mg.kg⁻¹ de óleo (ZAMBIAZI, 1997; PESTANA, 2007).

Segundo Bergaman e Xu (2003, *apud* Chen e Bergman, 2005), o γ -orizanol está presente no óleo de arroz de 13 a 20 vezes a mais do que os tocoferóis e tocotrienóis, sendo atribuídas ao orizanol atividades anti-inflamatória e inibição da oxidação do colesterol *in vitro*.

A redução dos níveis de colesterol pela ingestão de γ -orizanol parece ser devida à semelhança estrutural de seus componentes com a do colesterol, reduzindo a sua síntese e prevenindo o acúmulo de gorduras nas artérias. O γ -orizanol está presente na porção insaponificável do óleo de arroz, numa concentração de 10 a 20 mg.g⁻¹ de óleo. Este componente não é uma substância única e sim uma mistura de ácidos ferúlicos esterificados com esteróis ou alcoóis triterpênicos (Figura 3), à qual são atribuídos os efeitos positivos à saúde (PASCUAL *et al*, 2007).

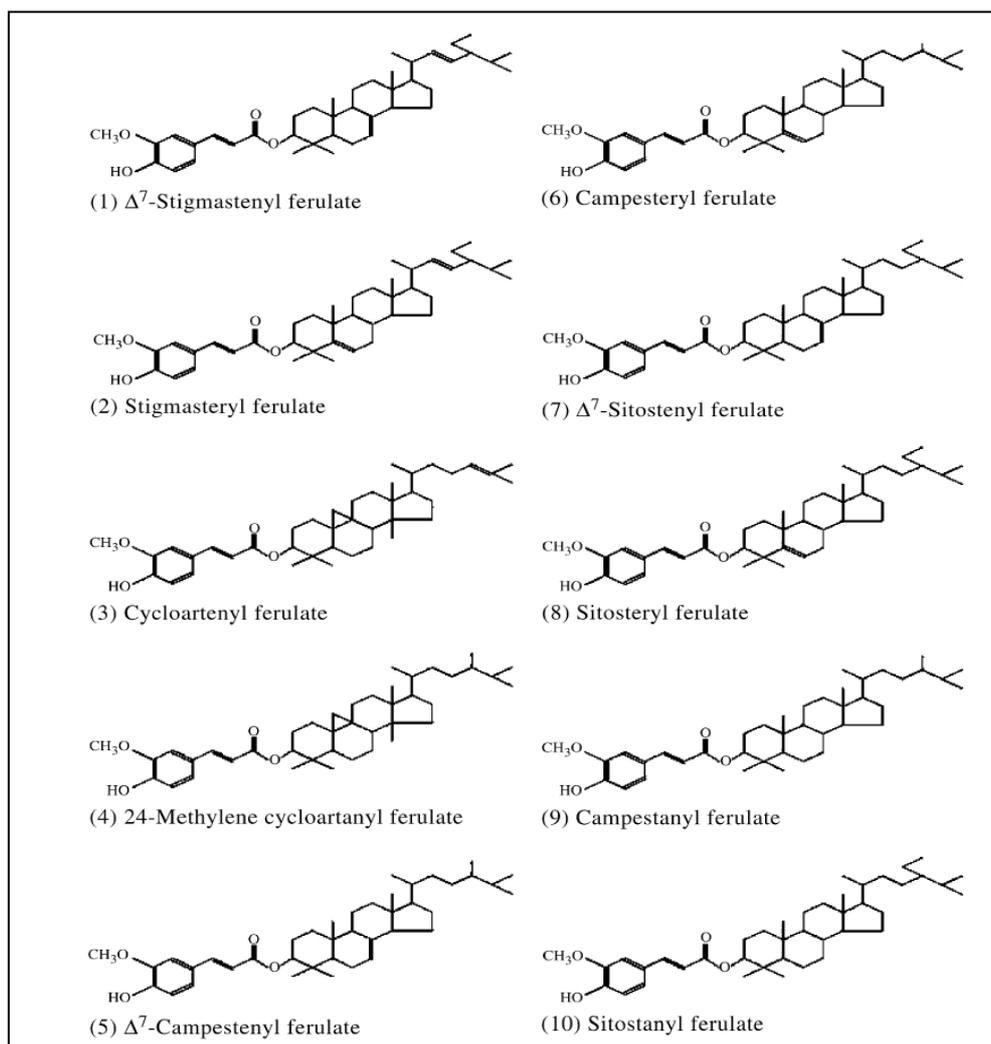


Figura 3. Fórmulas estruturais dos compostos majoritários da fração γ -orizanol.
Fonte: IMSANGUAN *et al.*, 2008.

IQBAL *et al.* (2005) relatam que o composto orizanol apresenta vários efeitos fisiológicos, como capacidade de reduzir a absorção de colesterol, atuar na amenização de desequilíbrios nervosos e na regulação da taxa hormonal em pessoas na menopausa. Os mesmos autores ainda descrevem que a composição exata de orizanol em grãos de arroz depende de cada genótipo.

Pesquisas recentes, realizadas com hamsters, mostram que a adição de orizanol na dieta dos ratos apresenta uma diminuição significativa nos níveis de colesterol total através do aumento do colesterol de alta densidade (HDL) no plasma sanguíneo, exercendo excelentes propriedades antiaterogênicas (WILSONA *et al.* 2007).

Bruscatto (2008) estudando a estabilidade do γ -orizanol em óleo de arroz submetido a altas temperaturas (100, 140 e 180C) verificou que a taxa de degradação desse composto aumentou consideravelmente com aumentos da temperatura de aquecimento de ambos os óleos.

Para Paucar-Menacho *et al.* (2007) o método de refino do óleo de arroz influencia muito no conteúdo de γ -orizanol. Os mesmos autores relatam que no refino químico podem-se ter perdas ao redor de 90% deste composto, no entanto, já no refino físico essas perdas são muito menores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) e no Laboratório de Cromatografia, ambos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (DCTA – FAEM – UFPEL), e no Laboratório de Oleoquímica e Biodiesel do Departamento de Química Orgânica, do Instituto de Química, da Universidade Federal de Pelotas (DQO – IQ – UFPEL).

3.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz (*Oryza sativa*, L.) em casca, da classe longo fino, “agulhinha”, com alto teor de amilose, produzidos em sistema irrigado na região sul do Rio Grande do Sul, colhidos com umidade próxima a 20%, pré-limpos e secos em sistema intermitente, até 13% de umidade, em equipamentos de escala piloto do LABGRÃOS.

3.2 Métodos

3.2.1. Delineamentos Experimentais

O trabalho foi estruturado em dois experimentos. O Experimento 1 foi destinado a comparar efeitos da parboilização sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em comparação com os grãos de arroz convencional. No Experimento 2 foram avaliados efeitos da pressão e do tempo da operação de autoclavagem na parboilização sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol no arroz.

3.2.1.1. Experimento 1 - Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica, qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol

Para avaliação dos efeitos da parboilização sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica, qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol, nos grãos de arroz, foi utilizado o delineamento experimental expresso na Tabela 2.

Tabela 2. Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e fração γ -orizanol.

Tratamentos	Variável independente	Variáveis dependentes
	Tipo de beneficiamento	Avaliações
1	Convencional de arroz branco polido	1.Parâmetros químicos
		2.Parâmetros tecnológicos
2	Parboilização	3.Qualidade de consumo
		4.Perfil lipídico
		5. γ -orizanol

Parboilização: autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11 min).

3.2.1.2 Experimento 2- Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica, qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.

Para determinação dos parâmetros de avaliação química, tecnológica, qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol, submetidos a quatro pressões e três tempos de autoclavagem, foi utilizado o delineamento experimental apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.

Tratamentos	Variável independente		Variáveis dependentes
	Pressão de autoclavagem (kgf/cm ²)	Tempo de autoclavagem (minutos)	Avaliações
1	0,3	6	
2			1. Parâmetros químicos e 2. Parâmetros tecnológicos
3	0,6		
-		11	3. Qualidade de consumo
-	0,9		
-			4. Perfil lipídico
12	1,2	16	5. γ -orizanol

3.2.2 Preparo das amostras

Para cada amostra de 50 kg de arroz em casca foram coletadas três alíquotas de 1.000g, as quais foram submetidas aos beneficiamentos industriais de produção arroz convencional (branco) e parboilizado.

As etapas de beneficiamento do arroz pelos processos convencional, por parboilização e parboilização integral foram realizadas em escala piloto no LABGRAOS – Pólo de Inovação Tecnológica de Alimentos – DCTA – FAEM – UFPel, segundo método desenvolvido por Elias (1998).

3.2.2.1 Processo convencional

a. Descascamento

Após a limpeza, os grãos foram descascados em engenho de provas da marca Zaccaria, modelo PAZ-1-DTA, de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os marinheiros, grãos que não tiveram sua casca removida na primeira passagem, foram separados manualmente.

b. Polimento

O polimento foi realizado no mesmo engenho de provas, com remoção de 7 a 11% de farelo, conforme testes preliminares. A intensidade do polimento (IP) foi determinada pela equação 1.

$$IP = \left[1 - \left(\frac{\text{peso}(g) \text{ do arroz polido}}{\text{peso}(g) \text{ do arroz integral}} \right) \right] \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

c. Separação dos grãos quebrados

O material descascado e polido passou pela separação de inteiros e quebrados, realizada em *trieur* (cilindro alveolado) do próprio engenho de provas, durante um minuto.

d. Identificação e separação de defeitos

A identificação e a separação dos grãos com defeitos foram realizadas de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa 06/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009b). As análises foram executadas utilizando grãos polidos.

3.2.2.2 Processo de parboilização

a. Operação unitária de hidratação ou encharcamento

As amostras foram acondicionadas em sacos de filó, identificadas e colocadas em latas. Nas latas foi adicionada água na proporção grãos/água de 1:1,5; com temperatura (da água) de 2°C acima da temperatura da água dos tanques de encharcamento, onde as latas eram imersas. Por meio de testes preliminares foram definidas as combinações hidrotérmicas binárias (tempo e temperatura) aplicáveis pelas indústrias parboilizadoras em função do desempenho da amostra de arroz utilizada no trabalho (Figura 5).

b. Autoclavagem

A operação de autoclavagem foi realizada em autoclave vertical, com pressão e tempo de acordo com cada delineamento experimental (Tabelas 2 e 3), conforme metodologia desenvolvida por Elias (1998).

c. Secagem

A operação de secagem foi realizada após o escoamento do excesso de água livre das amostras por gravidade. Foi usado secador estacionário modelo VITÓRIA, dotado de resistências elétricas para aquecimento do ar de secagem na temperatura de 45°C, até que os grãos atingissem um índice próximo a 13%.

d. Descascamento e polimento

O descascamento e o polimento dos grãos de arroz parboilizado foram realizados em engenho de provas ZACCARIA, modelo PAZ-1-DTA, segundo adaptações realizadas na metodologia desenvolvida por ELIAS (1998).

A operação de polimento foi ajustada para remoção de 4 a 7% de farelo seguindo resultados obtidos em testes preliminares, com base nos procedimentos industriais usuais. A intensidade do polimento (IP) foi determinada pela equação 1.

e. Separação dos grãos quebrados

Os grãos descascados e polidos, que resultaram quebrados, foram separados dos inteiros através de um *trieur* (cilindro alveolado) do próprio engenho de provas, durante um minuto.

f. Identificação e separação de defeitos

A identificação e a separação dos grãos com defeitos foram realizadas de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa 06/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009b). As análises foram executadas utilizando grãos polidos sem defeitos.

3.2.2.3 Processo de parboilização integral

Nesta etapa foram realizados os mesmos procedimentos do item 3.2.2.2 com exceção do polimento dos grãos.

3.2.3 Moagem

Para a realização das avaliações, as amostras foram homogeneizadas e moídas em moinho de facas da marca Perten®, modelo Laboratory Mill 3100, até a redução de partícula suficiente para passar em uma peneira de 60 Mesh. Após, foram acondicionadas hermeticamente em frascos de vidro e, mantidas a 15°C até a realização de cada análise.

3.2.4 Avaliações

3.2.4.1 Peso volumétrico

Determinada utilizando-se balança de peso hectolitro Dalle Molle com capacidade de 250 mL, sendo necessária transformação para kg.m^{-3} e balança eletrônica digital com precisão de 0,01g, realizado conforme as Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009a).

3.2.4.2 Grau de gelatinização

O grau de gelatinização foi determinado baseado no princípio da luz polarizada, onde esta incide sobre uma placa polarizada, produzindo uma luz emergente plano-polarizada (AMATO *et al.*, 1991)

3.2.4.3 Peso de mil grãos

Determinado segundo a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009a) por meio da contagem de 50 grãos em quadruplicata e transformando em peso de mil grãos.

3.2.4.4 Composição Centesimal

3.2.4.4.1 Umidade

O percentual de umidade foi estabelecido utilizando grãos de arroz em casca pelo uso de estufa a 105°C, por 24 horas, de acordo com o método oficial de análises de sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009a).

3.2.4.4.2 Proteína Bruta

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl, pelo uso do fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína conforme procedimento da AOAC (1997).

3.2.4.4.3 Extrato Etéreo

O extrato etéreo foi determinado com uso do extrator tipo Soxhlet, de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

3.2.4.4.4 Cinzas

O conteúdo de matéria mineral ou cinzas foi determinado em mufla, a 550°C/5h de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

3.2.4.4.5 Fibras

A determinação de fibras foi realizada utilizando método químico, determinando o resíduo orgânico insolúvel da amostra, após digestão ácida e alcalina de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

3.2.4.4.6 Carboidratos

Os carboidratos foram calculados por diferença centesimal.

3.2.4.5 Parâmetros de Cocção

As características de cocção do arroz pelos parâmetros de tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico, utilizando amostras de grãos inteiros sem defeitos, beneficiados pelos processos convencional e parboilizado, foram avaliadas de acordo com a metodologia proposta por Martinez e Cuevas (1989), com adaptações por Gularte (2002).

3.2.4.5.1 Tempo de Cocção

Verificação da porcentagem de grãos de arroz cozidos a partir de 15 minutos de cozimento. Como padrão, adota-se 90% como sendo a quantidade mínima de grãos sem translucidez para que o arroz esteja cozido. A presença de translucidez no centro dos grãos é visualizada com luz polarizada através de placas de vidro. Análise realizada conforme metodologia desenvolvida por Gularte (2002).

3.2.4.5.2 Rendimentos de Cocção

A partir do volume dos grãos de arroz (medido em proveta), adiciona-se água nas proporções de 1,8 a 2,2 para arroz convencional, e de 2,3 a 2,7 para arroz parboilizado. Quando a temperatura da água atingir 80°C inicia a contagem do tempo de cocção previamente obtido. Após 30 min de repouso pesa-se o recipiente em balança semi-analítica e mede-se a altura do arroz através do paquímetro. Análise realizada conforme metodologia desenvolvida por Gularte (2002).

O rendimento volumétrico foi determinado conforme a equação 2.

$$Rv = \left(\frac{Vf}{Vi} \right) \cdot 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Rv = Rendimento volumétrico (%);

Vf = Volume final - arroz cozido (cm³);

Vi = Volume inicial - arroz cru (cm³).

O rendimento gravimétrico foi determinado conforme a equação 3.

$$Rg = \left(\frac{Pf}{Pi} \right) \cdot 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Rg = Rendimento gravimétrico (%);

Pf = Peso final - arroz cozido (g);

Pi = Peso inicial - arroz cru (g).

3.2.4.6 Atributos sensoriais

A proporção de água que apresentaram os melhores resultados de rendimento gravimétrico e volumétrico foi usada amostras de 100g de grãos crus inteiros e sem defeitos (BRASIL, 2009b), e o tempo de cocção determinado previamente. A água utilizada para a cocção foi previamente aquecida a 95°C. As amostras foram cozidas em chapa aquecida a 300°C, em panela de alumínio e servidas aos julgadores com temperatura de 60°C.

Na avaliação sensorial foi utilizado o método proposto por Gularte (2002), com adaptações, com uso de um teste contendo uma escala não-estruturada de nove centímetros, com termos descritivos, caracterizando os atributos cor, brilho, odor, soltabilidade, firmeza e sabor (Figura 4). A avaliação foi realizada por uma equipe treinada de vinte julgadores.

3.2.4.7 Perfil texturométrico

As amostras submetidas à determinação do perfil de texturométrico foram selecionadas pelo desempenho no comportamento de cocção. Foi utilizado o texturômetro modelo Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems para avaliar os parâmetros de perfil texturométrico do arroz cozido. Com ensaios preliminares foram adaptadas as metodologias propostas por Champagne (1998) e Lyon (2000).

Foram adicionados 10 gramas de amostra cozida em placa de Petri de vidro de formato cilíndrico, 5 cm de diâmetro e 1 cm de altura, com probe cilíndrico de 4,5cm de diâmetro. O texturômetro foi configurado para comprimir a 60% do tamanho original da amostra, com velocidade de teste de 1 mm.s⁻¹ e tempo entre compressões de 3 segundos. As propriedades avaliadas e suas unidades de medida são definidas analogamente em relação a uma descrição sensorial como:

- Firmeza (g) – força máxima requerida para comprimir a amostra numa dada percentagem pré-estabelecida;
- Mastigabilidade (N.mm) – número de mastigações necessárias para tornar o alimento com consistência adequada para ser engolido;
- Gomosidade (N) – energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado pronto de ser engolido, sem mastigar;
- Elasticidade (mm) – grau como o alimento retoma a sua forma após uma compressão parcial da língua contra os dentes ou céu da boca;

- Adesividade (J) – força necessária para remover o alimento que adere na língua, dentes e mucosas.

Avaliação Sensorial de Arroz

Nome: _____ Data: ____ / ____ / 20____

Instruções: Avalie da esquerda para a direita os atributos solicitados, registrando com um traço onde represente a intensidade de cada atributo.

Cor

	Branco	Amarelo muito claro	Amarelo claro	Amarelo	Amarelo Forte	Amarelado	Escuro

Brilho

	Sem Brilho	Quase sem brilho	Pouco Brilhoso	Brilhoso	Muito Brilhoso	Foramamente Brilhoso	Extremamente Brilhoso

Odor

	Não Parbolizado	Parbolizado Muito Fraco	Parbolizado Fraco	Típico de Parbolizado	Parbolizado Forte	Parbolizado Muito Forte	Muito Forte Estranho a arroz

Soltabilidade

	Extremamente Solto	Muito Solto	Solto	Ligeiramente Solto	Pegajoso	Muito Pegajoso	Extremamente Pegajoso

Sabor

	Não Parbolizado	Parbolizado Muito Fraco	Parbolizado Fraco	Típico de Parbolizado	Parbolizado Forte	Parbolizado Muito Forte	Muito Forte Estranho a arroz

Firmeza

	Extremamente Macio	Muito Macio	Macio	Macio com centro Firme	Firme	Muito Firme	Extremamente Firme

Intenção de Compra

	Certamente Não Compraria	Provavelmente Não Compraria	Tenho Dúvida Se Compraria	Provavelmente Compraria	Certamente Compraria

Figura 4. Ficha utilizada para avaliação sensorial e aceitabilidade em arroz cozido

3.2.4.8 Perfil de cor

O perfil de cor foi analisado através do perfil branquimétrico e do perfil colorimétrico.

O perfil branquimétrico foi realizado em Branquímetro Zaccaria MBZ-1, operado conforme recomendações da indústria fabricante. O equipamento fornece os graus de brancura, transparência e polimento, utilizando escala própria.

O perfil colorimétrico foi realizado em Colorímetro Minolta Chromameter (CR-300, Osaka, Japan). A brancura dos grãos de arroz parboilizado foi também determinada utilizando Colorímetro Minolta modelo CR-300, usando sistema CIEL*a*b*, onde os valores de luminosidade (L^*) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , variam de: $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e de: $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

3.2.4.9 Perfil lipídico

Todos os óleos extraídos dos grãos de arroz moídos, integral, pelo método de extração contínua em soxlet, foram submetidos à derivatização dos ácidos graxos por transesterificação com $\text{BF}_3/\text{Me-OH}$ (AOCS, 1998; MATOS, 2007), e os ésteres metílicos resultantes foram analisados por cromatografia gasosa (KIM et al., 2006; MILLER e ENGEL, 2006), com as respectivas especificações.

3.2.4.9.1 Derivatização dos ácidos graxos

Foram pesados 250mg de óleo em um Erlenmeyer de 50mL. Foram adicionados 6mL de uma solução metanólica de NaOH (2g/100mL) e após foi acoplado um condensador de Libieg, deixando em refluxo por 10 min sob uma chapa de aquecimento, com agitação magnética. Após foram adicionados 7mL de $\text{BF}_3\text{-MeOH}$ através do condensador antes da ebulição por 2 min. Na próxima etapa foram adicionados 5mL de hexano, com ebulição por 1 min. Após ebulição, o sistema foi desligado e resfriado naturalmente. A solução foi transferida para um tubo de ensaio onde foi adicionada solução saturada de NaCl. O sobrenadante foi retirado e adicionado Na_2SO_4 anidro à fase orgânica. A fase orgânica foi transferida novamente sendo deixado evaporar o hexano presente. Os óleos derivatizados para

ésteres metílicos de ácidos graxos foram armazenados sob refrigeração, e posteriormente analisados por cromatográfica gasosa.

3.2.4.9.2 Condições cromatográficas para os ácidos graxos

Os ésteres metílicos resultantes da derivatização foram analisados em cromatógrafo gasoso com detector de ionização com chama (GC/FID modelo Shimadzu GC 2010), equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB-5 (metil silicone com 5% de grupos fenila, com 30m de comprimento, 0,25mm de espessura e revestida com filme de 0,25 μ m) na seguinte programação de temperatura: 180°C (0min) – 1°C/min⁻¹ – 210°C – 10°C/min⁻¹ – 280°C (10min) e nas seguintes condições: temperatura da coluna = 180°C, temperatura do detector = 280°C e temperatura do injetor = 280°C, split 1:50. A identificação dos ésteres metílicos foi por comparação com o tempo de retenção dos padrões cromatográficos dos ésteres metílicos dos ácidos graxos. Os ésteres metílicos foram diluídos em 5mL com hexano, sendo posteriormente retirada uma alíquota de 0,5mL e diluído novamente em 2mL, sendo injetados 0,5 μ L de cada solução hexânica.

3.2.4.10 Identificação e quantificação de γ -orizanol por cromatografia líquida de alta eficiência

3.2.4.10.1 Preparo das amostras

Foram pesados 20g de farelo de arroz integral para a extração da fração etérea em extrator de Soxhlet por 6h, empregando éter de petróleo.

Para as análises dos tocoferóis e γ -orizanol foram diluídos 0,25g de óleo com isopropanol:acetonitrila (7:3, v/v) até completar o volume de 5mL. Foi feita a centrifugação por 6min a 9.000rpm em microcentrífuga NT800 Nova Técnica.

3.2.4.10.2 Condições cromatográficas para o γ -orizanol

A análise de γ -orizanol foi baseada na metodologia descrita por Chen e Bergman (2005), com modificações. Para determinações foi utilizado fluxo constante

de 1mL. A fase móvel inicial utilizada foi acetonitrila:metanol:isopropanol (50:40:10, v/v/v) por 10min, alterando-se linearmente para acetonitrila:metanol:isopropanol (30:65:5, v/v/v), mantendo-se por 5min e aos 20min retornando linearmente para a fase móvel inicial, totalizando 30 min de análise. Foram injetados 10 μ L de amostra, usando o detector UV/VIS a 325nm.

3.2.4.11 Análise Estatística

Foram realizadas a análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ambas a 5% de significância ($p < 0.05$), através do programa Statistica 6.0 (STATSOFT, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para possibilitar os experimentos propostos neste trabalho foram realizadas as curvas do comportamento hidrotérmico dos grãos, através das isotermas de hidratação.

Na Figura 5 são apresentadas as isotermas de hidratação do arroz na operação encharcamento a 60, 65 e 70°C.

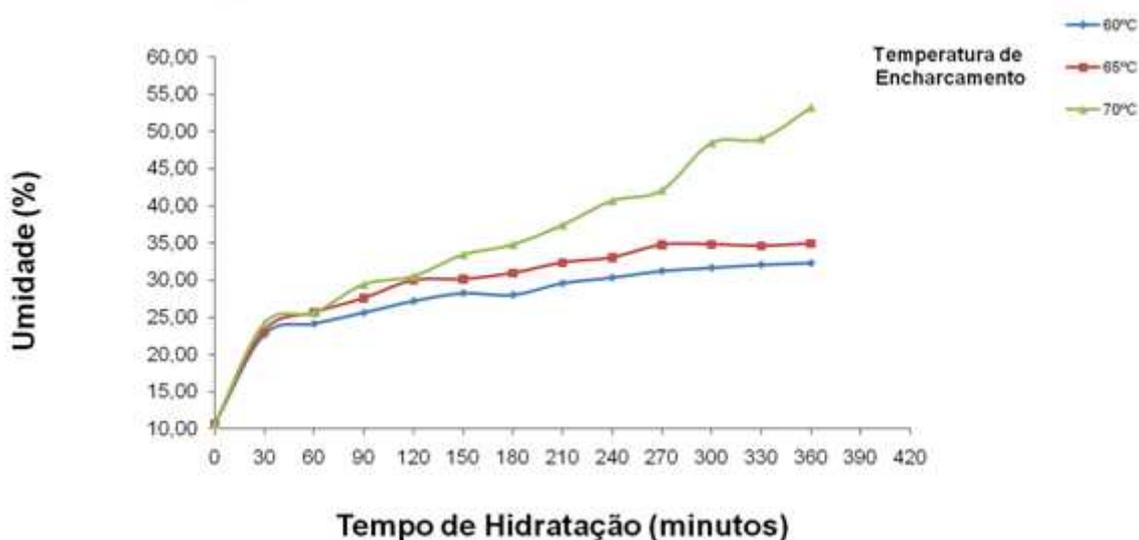


Figura 5. Isotermas de hidratação do arroz nas temperaturas de 60, 65 e 70°C.

Durante o encharcamento a 70°C, é possível observar uma absorção de água muito rápida pelo grão e ausência de estabilidade, o que indica que essa temperatura é excessiva para a operação de encharcamento da amostra testada.

No encharcamento realizado a 65°C, a umidade dos grãos estabilizou, em 35% aos 270 minutos, onde foi observada excessiva abertura da casca dos grãos, o que dificulta a operação de autoclavagem pelo extravamento de material da cariopse.

A 60°C é possível verificar que a partir dos 210 minutos de hidratação houve estabilização da umidade, atingindo 30% de água absorvida pelo grão. A maior estabilidade próxima a este valor (ELIAS, 1998) indica ser essa a temperatura mais adequada para a operação de encharcamento da amostra.

Assim foi escolhida a melhor combinação binária para a operação de hidratação (60°C por 240 minutos) uma vez que apresentou as melhores características para o processo. Esse comportamento está de acordo com a

literatura (ELIAS, 1998). Para a satisfatória operação do processo de parboilização é necessário que o amido absorva o máximo possível de água na operação de encharcamento, sem que ocorra deformação nos grãos, para possibilitar a gelatinização do amido, que se completa na operação de autoclavagem (AMATO e ELIAS, 2005).

4.1. EXPERIMENTO 1- Efeitos do processo de parboilização sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol.

4.1.1 Parâmetros químicos e tecnológico

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do peso volumétrico de grãos de arroz em casca beneficiados pelo processo convencional de arroz branco e por parboilização.

Os resultados percentuais dos constituintes químicos da avaliação nutricional e o peso de mil grãos de arroz beneficiados pelo processo convencional de arroz branco e por parboilização estão expostos na Tabela 5.

TABELA 4. Peso volumétrico dos grãos de arroz em casca parboilizado e não parboilizado.

Beneficiamento	Peso volumétrico (g)
Não parboilizado	502,22 a
Parboilizado	397,38 b

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, diferem entre si, na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 5. Constituintes químicos de avaliação nutricional e peso de mil grãos para arroz convencional polido e parboilizado polido, ambos com umidade ajustada para 13%.

Parâmetros	Beneficiamento	
	Convencional polido	Parboilizado polido
Cinzas (%)	0,54 b	1,10 a
Lipídeos (%)	0,64 b	0,86 a
Fibras (%)	2,13 b	4,10 a
Proteínas (%)	6,97 b	8,25 a
Carboidratos (%)	76,72 a	72,69 a
Peso de mil grãos (g)	20,36 a	20,25 a

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min). Média de três repetições acompanhadas por letras iguais, na linha, não diferem entre si pelos testes de ANOVA e Tukey a 5% de significância.

Observando-se os resultados do peso volumétrico apresentados na Tabela 4, é possível verificar que houve diferenças significativas entre os grãos beneficiados pelo processo convencional de arroz branco e pelo processo de parboilização, onde este apresentou menor peso volumétrico. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de a parboilização ocasionar a perda da aderência dos grãos na casca. Reddy (2004) também observou esse mesmo fato.

Observando-se os dados da Tabela 5 é possível verificar que os conteúdos dos constituintes químicos dos grãos de arroz, com exceção dos carboidratos, aumentaram significativamente seus valores no processo de beneficiamento de parboilização. Isso ocorreu porque durante a parboilização há uma migração dos nutrientes que se encontram na periferia do grão para o endosperma aumentando o seu valor nutricional (BHATTACHARYA, 2004 *apud* LAMBERTS *et al.*, 2008).

Segundo Amato *et al.* (2002), os maiores teores de proteínas, lipídeos, fibras e mineiras estão localizados, na maior parte, nas camadas mais externas da cariopse, enquanto a maior proporção de carboidratos ocorre nas camadas mais internas. Porém, há uma dificuldade de migração das proteínas para o interior do grão devido ao tamanho das moléculas, e a dificuldade na sua solubilização. Sendo assim, o maior valor de proteínas no arroz parboilizado pode ser devido ao fato do processo de parboilização ocasionar maior retenção de frações periféricas no grão

onde está mais concentrado esse constituinte, que acaba sendo removido em maiores proporções com o farelo no beneficiamento do arroz branco.

Storck *et al.* (2005) afirmam que a variação na composição nutricional dos grãos é atribuída ao tipo de beneficiamento industrial e às diferentes intensidades de polimento aplicadas nas indústrias.

Os resultados do peso de mil grãos para ambos os beneficiamentos (Tabela 4), não apresentaram diferenças significativas entre eles. Outro estudo que analisou o peso de mil grãos em diferentes beneficiamentos, também constatou que o peso de mil grãos não se altera com a parboilização (RAGHAVENDRA RAO e JULIANO, 1970).

Estes resultados (Tabela 5) estão de acordo com outros estudos, que relatam o aumento do valor nutricional em grãos de arroz parboilizado (RAO, 1966 *apud* LV *et al.*, 2009; ELBERT *et al.*, 2001; BHATTACHARYA, 2004 *apud* ^bLAMBERTS *et al.*, 2008).

4.1.2 Parâmetros de cor

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os valores do perfil branquimétrico (brancura, transparência e grau de polimento) e perfil colorimétrico (luminosidade, (a) vermelho e (b) amarelo), respectivamente, em grãos de arroz beneficiados pelo processo convencional e por parboilização.

TABELA 6. Perfil branquimétrico dos grãos de arroz beneficiado pelo processo convencional de arroz branco e pelo parboilizado.

Beneficiamento	Brancura (%)	Transparência (%)	Polimento (%)
Convencional	43,06 a	3,46 a	110,83 a
Parboilizado	21,6 b	1,91 b	9,40 b

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 7. Perfil colorimétrico dos grãos de arroz branco, beneficiados pelo processo convencional e por parboilização

Beneficiamento	Luminosidade	a (Vermelho)	b (Amarelo)
Convencional	66,09 a	-3,81 b	10,46 b
Parboilização	54,37 b	-2,72 a	21,15 a

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (110°C, 0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados constantes das Tabelas 6 e 7 é possível verificar que o processo de parboilização intensificou a coloração dos grãos. Este processo ocasionou diminuição significativa dos índices de brancura, transparência e polimento (Tabela 6). Também proporcionou diminuição do valor da luminosidade e aumentou o valor “a” e o valor “b” (Tabela 7).

A alteração do perfil branquimétrico observada no arroz parboilizado (Tabela 6) pode ser explicada através das características dos fenômenos de gelatinização e retrogradação do amido, típicos do processo de parboilização. Esses fenômenos permitem um rearranjo dessas moléculas, causando sua desestruturação, e com isso gerando uma massa homogênea que ao se resfriar perde água e apresenta forte interação entre as moléculas (SAGUM e ARCOT, 2000).

Os valores de luminosidade variam entre zero (preto) e 100 (branco), enquanto os valores das coordenadas de cromaticidade a e b, variam de -a (verde) até +a (vermelho), e de -b (azul) até +b (amarelo). Assim, quanto maior é o valor da luminosidade, no caso do arroz beneficiado pelo processo convencional, mais claro é o grão e quanto menor seu valor, no caso arroz beneficiado pelo processo de parboilização, mais escuro tende a ser o grão (Tabela 7). Esse fato também pode ser observado nas outras coordenadas, ou seja, o arroz parboilizado apresentou valores tendendo mais para o vermelho (a) e para o amarelo (b) que do que o arroz branco.

Muitas pesquisas com parboilização referem-se ao aumento da cor resultante desse processo (BHATTACHARYA, 1995 apud LV *et al.*; ELBERT *et al.*, 2001; ^aLAMBERTS *et al.*, 2006; ^bLAMBERTS *et al.* 2008).

A intensificação da coloração do arroz parboilizado pode ser um problema na comercialização desse produto. Pelos hábitos do consumidor brasileiro há preferência pelos grãos de arroz mais claros (AMATO e ELIAS, 2005).

4.1.3 Perfil Texturométrico

Os valores dos resultados da análise do perfil texturométrico estão expostos na Tabela 8.

TABELA 8. Parâmetros do perfil texturométrico dos grãos de arroz branco, beneficiado pelo processo convencional e por parboilização.

Parâmetros	Beneficiamento	
	Convencional	Parboilização
Firmeza (g)	1633,37 b	1931,3 a
Adesividade (J)	9,34 a	2,03 b
Elasticidade (mm)	0,35 b	0,46 a
Gomosidade (N)	539,54 b	719,68 a
Mastigabilidade(N.mm)	206,85 b	359,88 a

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

A observação dos dados da Tabela 8 permite verificar que o processo de parboilização provocou aumento nos valores dos parâmetros de firmeza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade, havendo redução da adesividade.

Os grãos de arroz parboilizados apresentam, na maioria dos casos, aumento de sua firmeza, conforme relatos da literatura (TULEY, 1992; PARK *et al.*, 2001; DORS *et al.*, 2009).

O parâmetro adesividade apresentou uma diminuição significativa no arroz beneficiado pelo processo de parboilização, confirmando observações de Storck (2004).

A reestruturação interna dos grãos decorrentes das operações hidrotérmicas da parboilização podem ser uma das razões das alterações ocorridas no perfil texturométrico.

4.1.4 Características de Consumo

4.1.4.1 Parâmetros de cocção

A Tabela 9 apresenta os valores de tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de grãos de arroz submetidos aos processos de beneficiamento convencional de arroz branco e por parboilização.

TABELA 9. Parâmetros de cocção dos grãos de arroz branco beneficiado pelo processo convencional e por parboilização.

Beneficiamento	Tempo de Cocção (min)	Rendimento Gravimétrico (%)	Rendimento Volumétrico (%)
Convencional	16 b	287,43 b	307,85 a
Parboilização	23 a	324,40 a	314,60 a

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado na Tabela 9, não há diferenças significativas entre os rendimentos volumétricos de grãos de arroz branco e parboilizado. Porém, a parboilização proporcionou aumento no tempo de cocção e no rendimento gravimétrico

A maior capacidade de absorção de água adquirida com a parboilização expressa no rendimento gravimétrico decorre do maior teor de proteínas, moléculas altamente higroscópicas, em consequência em parte pela difusão na operação de encharcamento, e em parte pela maior retenção na operação de polimento.

O aumento no tempo de cocção ocorre porque durante o processo de parboilização há uma reestruturação dos grãos devida à gelatinização do amido e assim aumenta o tempo necessário para a cocção (MONKS, *et al.*, 2008), pela maior dificuldade de hidratação.

4.1.4.2 Avaliação sensorial

As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, os parâmetros de avaliação sensorial e a intenção de compra do arroz, avaliado em grãos brancos, beneficiado pelo processo convencional e por parboilização, ambos através de análise sensorial com julgadores treinados.

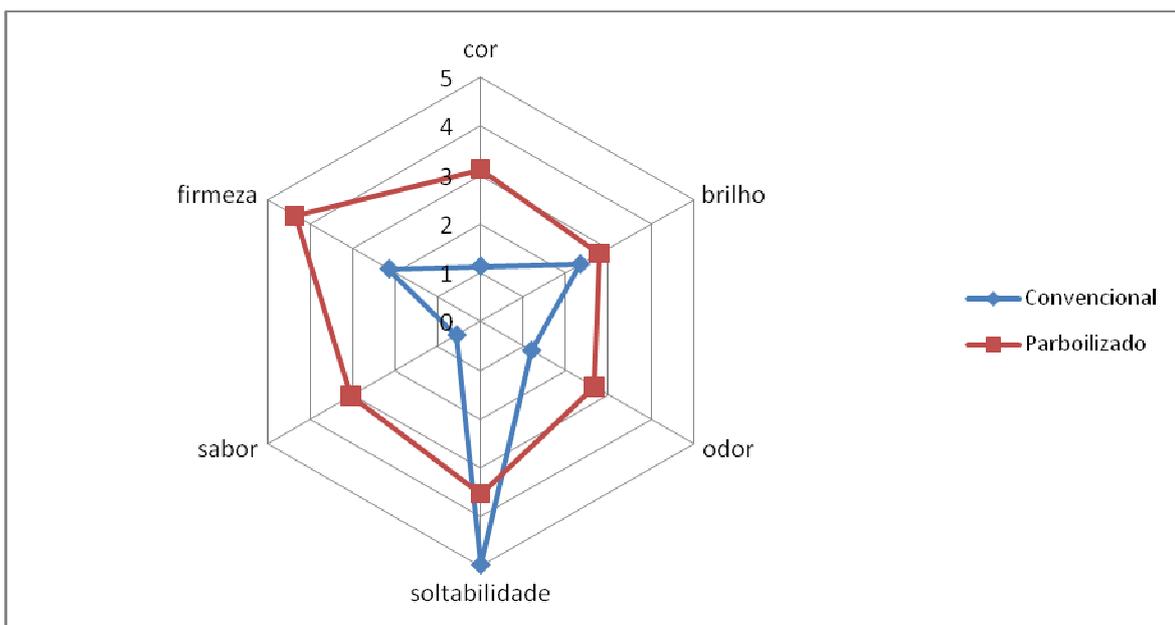


Figura 6. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz convencional e parboilizado. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min).

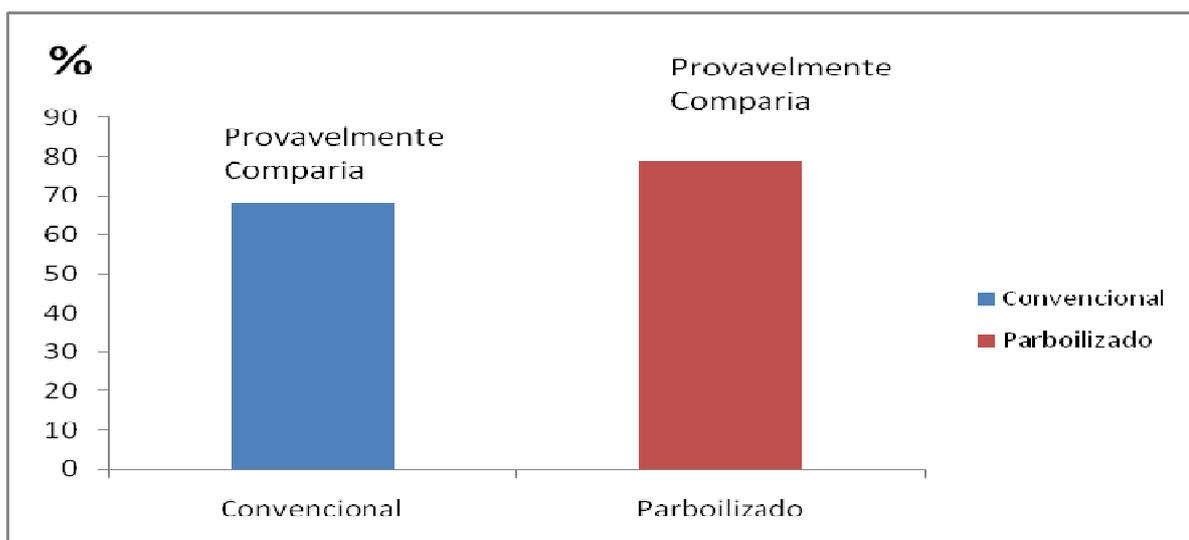


Figura 7. Aceitabilidade avaliada pela de intenção de compra para grãos de arroz convencional e parboilizado.

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min).

Os resultados referentes aos atributos sensoriais receberam as seguintes classificações: arroz do processo convencional - grãos brancos, quase sem brilho, sem odor, com sabor neutro e muito macio. Já para o arroz parboilizado – grãos amarelos claros, pouco brilhoso, apresentando odor e sabor a parboilizado fraco e grãos macios com centro firmes.

Conforme observação das Figuras 6 e 7, é possível verificar que embora todos os atributos da análise sensorial de arroz branco e parboilizado tenham apresentado resultados diferentes, durante a entrevista de intenção de compra, 68 e 79% dos julgadores, respectivamente, provavelmente comprariam ambos os produtos, o que significa que mesmo apresentando coloração mais intensa nos grãos parboilizados, parâmetro este que mais influencia na preferência do consumidor na hora de compra, há boa aceitação para as amostras parboilizadas nessa intensidade.

Os dados representados nas figuras 6 e 7 são importantes para a indústria, o comércio e os consumidores, pois a análise sensorial dos alimentos é uma técnica capaz de gerar informações precisas e reprodutíveis, sobre as quais recaem importantes decisões, relativas ao controle de qualidade, modificações e padronizações de métodos, entre outros, sendo uma ferramenta básica para a aplicação na indústria de alimentos (MORALES, 1999; MUNÓZ *et al.*, 1992).

4.1.5 Perfil lipídico

A Figura 8 apresenta o cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos usados como padrões. Já na Tabela 6 estão expostos os ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz branco polido e parboilizado.

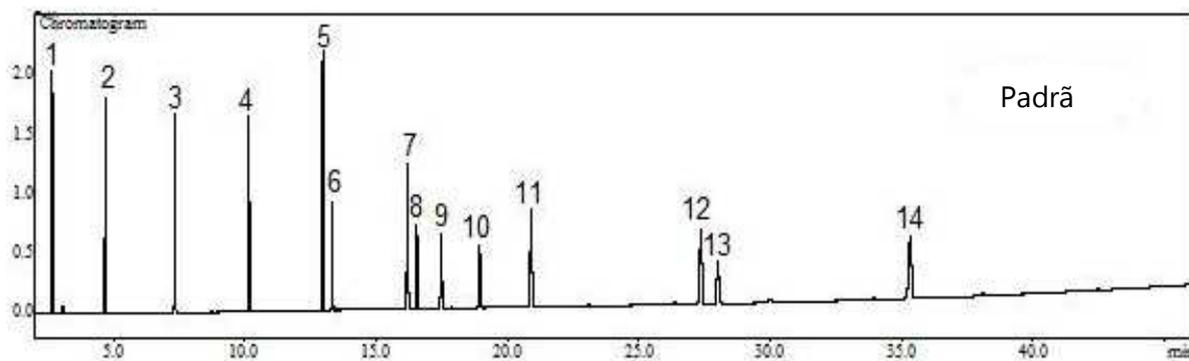


Figura 8. Cromatograma do GC/FID de mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos.

TABELA 10. Ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz convencional integral (branco) e parboilizado integral.

Nº Pico	Tempo de Retenção (min)	Éster metílico do ácido:
1	2.67	Caprílico
2	4.68	Capríco
3	7.33	Láurico
4	10.15	Mirístico
5	12.96	Palmítico
6	13.32	Palmitoléico
7	16.19	Estearico
8	16.53	Oléico
9	17.47	Linoléico
10	18.93	Linolênico
11	20.89	Araquídico
12	27.35	Behênico
13	28.00	Erúcico
14	35.32	Lignocérico

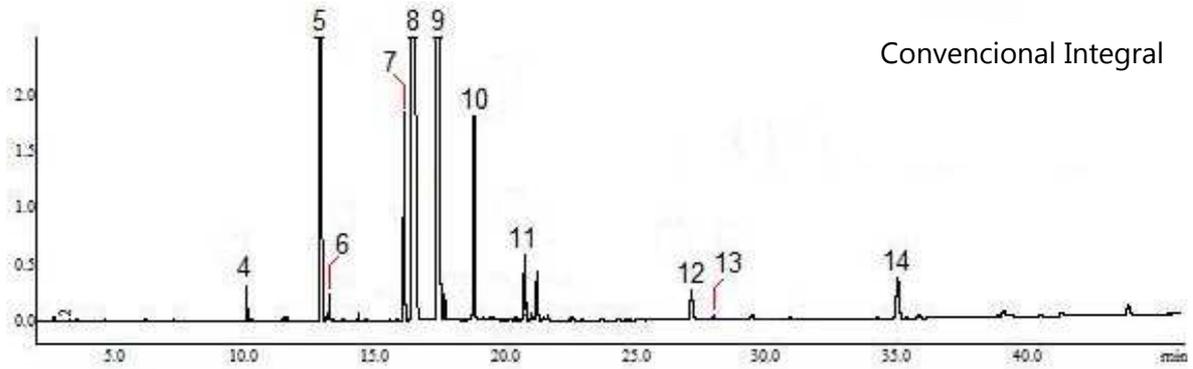


Figura 9. Cromatograma do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz convencional integral.

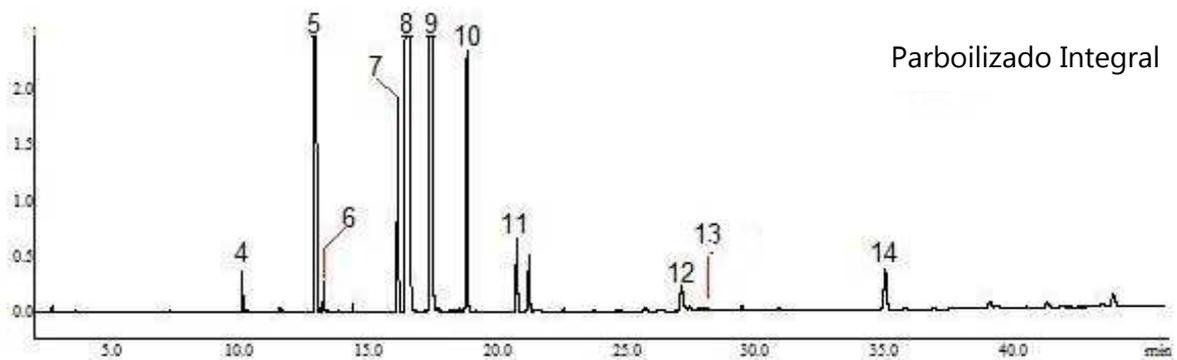


Figura 10. Cromatograma do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz parboilizado integral. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻², 11min).

TABELA 11. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz convencional integral e parboilizado integral.

Éster metílico do ácido	Beneficiamento	
	Convencional Integral	Parboilizado Integral
Mirístico	0,13 a	0,12 a
Palmítico	21,18 a	20,46 a
Palmitoléico*	0,11 a	0,11 a
Esteárico	1,39 a	1,38 a
Oléico	40,39 a	40,22 a
Linoléico	32,49 a	33,66 a
Linolénico	1,39 a	1,49 a
Araquídico	0,54 a	0,56 a
Behênico	0,28 a	0,24 a
Lignocérico	0,54 a	0,44 a
Não identificado**	1,56 a	1,32 a

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf/cm², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observando-se os cromatogramas dos ésteres metílicos, dos ácidos graxos do óleo de arroz convencional integral e do arroz parboilizado integral (Figura 9 e 10, respectivamente), juntamente com a observação da Tabela 11, que apresenta as concentrações de cada éster metílico, dos ácidos graxos calculados em relação à área do seu pico correspondente (Tabela 10), é possível verificar que os cromatogramas apresentam perfis análogos e uniformes, ou seja, não exibem diferenças qualitativas e nem quantitativas.

Fagundes (2010) e Gonçalves (2007) também observaram esse mesmo comportamento para perfil cromatográfico dos ésteres metílicos, dos ácidos graxos extraídos dos óleos de arroz branco e parboilizado, ambos utilizando colunas capilares de sílica fundida DB-5.

Conforme observação dos dados da Tabela 11 é possível constatar que no óleo de arroz predominam o ácidos graxos insaturados oléico (cerca de 40%) e linoléico (cerca de 32%), e o saturado palmítico (cerca de 20%). O óleo de arroz deve apresentar esses três ácidos graxos como os principais, na proporção de 40-

50% do ácido oléico, 29-42% do ácido linoléico e de 12-18% do ácido palmítico, segundo o regulamento de identidade e qualidade de óleos vegetais (ANVISA, 1999).

4.1.6 γ -orizanol

O cromatograma típico do γ -orizanol das amostras de arroz integral, obtido por cromatografia líquida de alta eficiência, é apresentado na Figura 11.

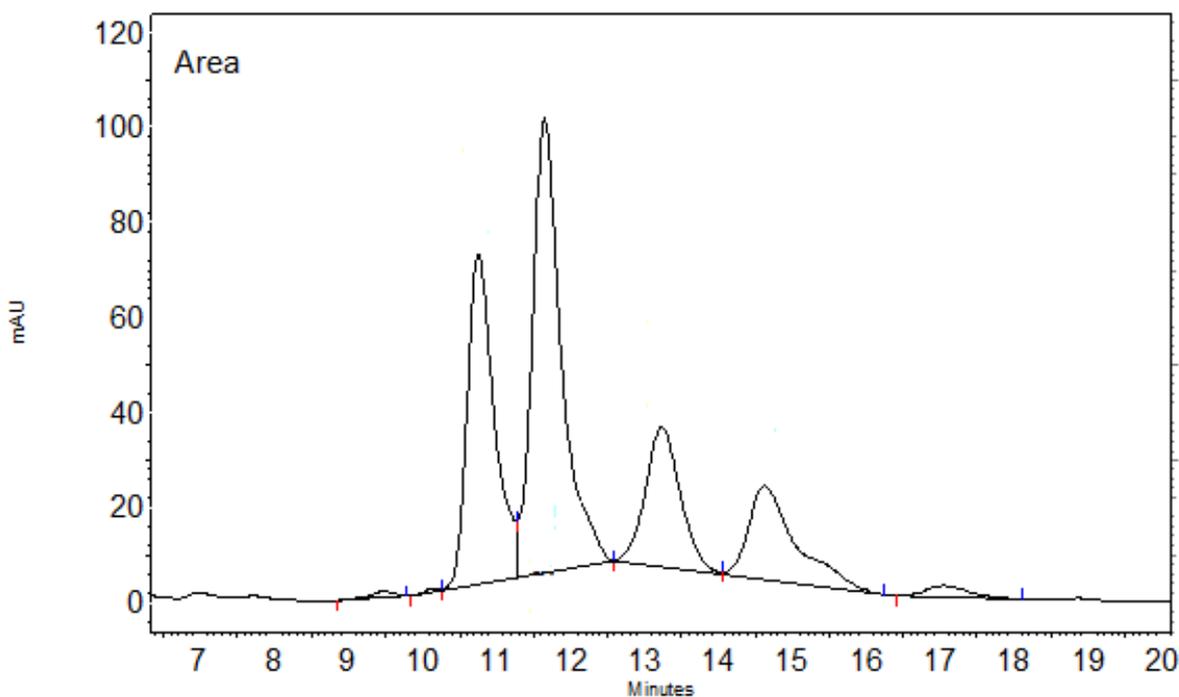


Figura 11. Cromatograma típico do γ -orizanol nas amostras de farinha de arroz integral.

A identificação dos componentes individuais não foi realizada neste estudo, pela inexistência de padrões destes compostos no mercado, por isso, para quantificar o conteúdo de γ -orizanol no arroz integral, foi feito o somatório das áreas de todos os picos correspondentes.

O conteúdo de γ -orizanol, expresso em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, nos grãos arroz integral não parboilizado e parboilizado está apresentado na Tabela 12.

TABELA 12. Conteúdo de γ -orizanol presente no arroz convencional integral e parboilizado integral.

Beneficiamento	γ -Orizanol(mg.100g ⁻¹)
Convencional integral	21,26 a
Parboilizado integral	23,28 a

Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (110°C, 0,6kgf.cm⁻², 11min). Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observa-se que o processo de parboilização não alterou os conteúdos de γ -orizanol das amostras. Esse comportamento é similar aos observados por Gonçalves (2007) e Fagundes (2010).

A análise conjunta dos resultados das Tabelas 4 a 12 e das Figuras 6 a 11 permite verificar que o processo de parboilização proporciona melhorias no valor nutricional dos grãos de arroz devido aos incrementos dos conteúdos de cinzas, lipídeos, fibras e proteínas. Esse processo também altera os parâmetros de textura, aumentando os valores de firmeza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade, mas reduz a adesividade dos grãos. O tempo de cocção e o rendimento gravimétrico aumentam quando os grãos de arroz passam pelo processo de parboilização. Esse processo não interfere no perfil lipídico e nem no conteúdo de γ -orizanol das amostras. Nas condições em que ocorreu a parboilização, o grau de aceitabilidade do arroz pelos consumidores é elevado, assim como é alta a aceitabilidade do arroz branco.

4.2. EXPERIMENTO 2: Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e γ -orizanol em grãos de arroz parboilizados.

4.2.1 Parâmetros físicos, tecnológicos e de avaliação química

Nas Tabelas 13, 14 e 15 estão apresentados, respectivamente, os valores do peso volumétrico de arroz em casca, grau de gelatinização e peso de mil grãos de arroz polido, beneficiados pelo processo de parboilização em diferentes pressões e tempos de autoclavagem.

TABELA 13. Peso volumétrico (g.L^{-1}) de grãos de arroz em casca parboilizado submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm^{-2})	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 433,76 a	A 432,03 a	B 419,60 a
0,6	A 402,21 b	B 397,38 b	C 387,02 b
0,9	A 386,72 c	B 375,44 c	B 375,08 c
1,2	A 372,44 d	B 365,30 d	B 366,11 d

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 14. Grau de gelatinização (% de grãos com gelatinização em mais da metade) em grãos arroz polidos, submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm^{-2})	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	C 16,70 c	B 20,00 d	A 23,30 b
0,6	C 26,70 b	B 36,70 c	A 76,70 a
0,9	C 30,00 a	B 50,00 b	A 83,30 a
1,2	C 30,00 a	B 63,30 b	A 76,70 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 15. Peso de mil grãos (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 20,05 a	A 20,14 a	A 20,27 a
0,6	A 20,21 a	A 20,25 a	A 20,20 a
0,9	A 20,16 a	A 20,13 a	A 20,19 a
1,2	A 20,28 a	A 20,26 a	A 20,28 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados da Tabela 13 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem, independentemente do tempo utilizado para o processo, proporcionou uma diminuição significativa do peso volumétrico dos grãos em casca, expressos em (g.L⁻¹), cujos valores numéricos correspondem ao peso do hectolitro, uma medida bastante utilizada em engenharia no beneficiamento industrial e na avaliação de qualidade dos grãos.

Um dos motivos dessa diminuição do peso volumétrico decorre do fato de que o processo de parboilização proporciona uma diminuição da aderência dos grãos à sua casca, assim à medida que aumentou a intensidade da pressão no processo, diminuiu a aderência da casca e com isso mais ar ocupou seu espaço interno. Outro provável motivo da diminuição significativa do peso volumétrico, com o aumento da pressão, ocorreu porque a autoclavagem realizada em pressões maiores (a partir da 0,6 kgf.cm⁻² por 16 minutos) houve abertura da casca devida ao aumento do grau de gelatinização do amido (Tabela 13), havendo com isso extravasamento do material da cariopse e os grãos se aderiram uns aos outros (formando grumos), aumentando os espaços vazios onde foi realizado esse teste, conseqüentemente, diminuindo o seu peso volumétrico.

Observando-se a Tabela 14 é possível verificar que o aumento do tempo de autoclavagem provoca aumentos significativos no grau de gelatinização, independentemente da pressão utilizada. O aumento da pressão, no entanto, provoca aumentos significativos, no grau de gelatinização, de maneira menos

uniforme do que ocorreu com o aumento do tempo de operação. Para pressões menores, o aumento de 0,3 para 0,6 Kgf.cm⁻² provoca aumento significativo no grau de gelatinização nos três tempos considerados. A partir de 0,9 de pressão não há mais variação no grau de gelatinização em nenhum dos tempos pesquisados. Operação em 16 minutos não altera o grau de gelatinização a partir de 0,6 Kgf.cm⁻² de pressão.

O grau de gelatinização está relacionado com a retenção de nutrientes hidrossolúveis no arroz parboilizado (AMATO e ELIAS, 2005; ELIAS *et al.*, 2009).

Já o peso de mil grãos (Tabela 15) não foi alterado nem pelo aumento da pressão e nem pelo tempo de autoclavagem.

Perdas no peso de mil grãos, que corresponde ao peso específico, podem representar perdas importantes para a indústria do setor (MENEGETTI *et al.*, 2005).

As Tabelas 16 a 20 apresentam os constituintes químicos de avaliação nutricional para grãos de arroz parboilizado a diferentes pressões e tempos de autoclavagem.

TABELA 16. Conteúdo (%) de minerais ou cinzas em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 1,06 b	A 1,06 b	A 1,06 b
0,6	B 1,09 b	B 1,10 b	A 1,14 a
0,9	A 1,16 a	A 1,14 a	A 1,15 a
1,2	A 1,13 a	A 1,13 a	A 1,13 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 17. Conteúdo (%) de fibras em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 3,93 c	A 3,90 c	A 3,95 c
0,6	A 4,05 b	A 4,10 b	A 4,19 b
0,9	A 4,32 a	A 4,12 b	A 4,23 b
1,2	B 4,30 a	A 4,61 a	A 4,74 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 18. Conteúdo (%) de lipídeos em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 0,71 c	A 0,70 c	A 0,71 c
0,6	B 0,69 c	A 0,86 b	A 0,83 b
0,9	B 0,79 b	B 0,84 b	A 0,91 a
1,2	A 0,89 a	A 0,95 a	A 0,92 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 19. Conteúdo (%) de proteínas em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 8,02 a	A 8,44 a	A 8,17 a
0,6	A 8,54 a	A 8,25 a	A 8,53 a
0,9	A 8,43 a	A 8,46 a	A 8,34 a
1,2	A 8,38 a	A 8,47 a	A 8,50 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 20. Conteúdo (%) de carboidratos em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 73,28 a	A 72,90 a	A 73,11 a
0,6	A 72,63 a	A 72,69 a	A 72,31 a
0,9	A 72,30 a	A 72,44 a	A 72,37 a
1,2	A 72,30 a	A 71,86 a	A 71,71 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Através da observação das Tabelas 16 a 20 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem proporcionou aumentos nos valores de cinzas (Tabela 16), fibras (Tabela 17) e lipídeos (Tabela 18), não causando alterações significativas nos conteúdos de proteínas (Tabela 19) e carboidratos (Tabela 20).

Observando-se os dados constantes da Tabela 16 é possível verificar que o aumento do tempo de autoclavagem não altera significativamente os conteúdos de minerais ou cinzas, com exceção da pressão 0,6 Kgf.cm⁻², quando o tempo aumentou de 11 para 16 minutos. O aumento da pressão, no entanto, provoca

aumentos significativos, nos conteúdos de minerais ou cinzas, até $0,9 \text{ Kgf.cm}^{-2}$ para operações a partir de 11 minutos.

A observação conjunta das Tabelas 14 e 16 mostram comportamentos similares, ou seja, há uma tendência de aumentar a retenção de minerais (Tabela 16) no grão nas condições operacionais que aumentam o grau de gelatinização (Tabela 14). Com os conteúdos de fibras (Tabela 17) e lipídeos (Tabela 18) ocorreu comportamento análogo. Esses comportamentos são similares aos descritos na literatura especializada (MONKS, *et al.*, 2009; ELIAS, *et al.*, 2010).

Os valores de proteínas (Tabela 19) e carboidratos (Tabela 20) são compatíveis com relatos da literatura.

O aumento no teor de cinzas, lipídeos e fibras observado com o aumento da pressão de autoclavagem, provavelmente se deve a maior dificuldade de remoção das camadas periféricas da cariopse durante o polimento, que separa o farelo, por essas ficarem mais aderidas ao grão após o processo de parboilização, já que é nessa fração que se encontra a maior concentração de vitaminas, minerais e lipídeos. Além do mais, a parboilização proporciona a migração de compostos hidrossolúveis para o interior do grão e aumento dos conteúdos de amido resistente (STORK *et al.*, 2005; HELBIG, 2010).

O farelo de arroz é rico em pigmentos, fibras e nutrientes como os minerais (cálcio, ferro, fósforo, potássio e magnésio), óleo, vitamina A, vitamina E, vitaminas do complexo B, principalmente niacina, tiamina, vitamina B6 e vitamina B12 (PERRETTI *et al.*, 2002).

Amato *et al.* (2002) mencionam a dificuldade de migração das proteínas, devido ao tamanho das moléculas, e a dificuldade na sua solubilização. Os maiores teores de proteínas, lipídeos, fibras e mineiras encontram-se, predominantemente, nas camadas mais externas da cariopse, enquanto que a maior proporção de carboidratos ocorre nas camadas mais internas.

Gonçalves *et al.* (2010), estudando efeitos do tempo de autoclavagem na parboilização sobre a composição química dos grãos de arroz, verificou que o aumento do tempo de autoclavagem (10, 14 e 18 minutos) aumenta os teores de proteína, lipídeos, fibras e cinzas, na amostra parboilizada com maior tempo de autoclavagem.

Schiavon (2010) encontrou maiores valores para os teores de proteínas, minerais e lipídeos, na comparação do processo de beneficiamento de arroz parboilizado com arroz branco.

HEINEMANN *et al.* (2005), verificaram aumento apenas no teor de cinzas do arroz parboilizado quando este foi comparado com arroz branco.

As Tabelas 21, 22 e 23 apresentam os valores dos resultados da análise do perfil branquimétrico, onde foram analisados, respectivamente, os índices de brancura, transparência e polimento.

TABELA 21. Índice (%) de brancura, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 28,46 a	B 26,72 a	B 25,50 a
0,6	A 23,28 b	B 21,60 b	B 20,24 b
0,9	A 19,38 c	A 18,85 c	B 17,31 c
1,2	A 15,43 d	A 15,55 d	A 14,92 d

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 22. Índice (%) de transparência, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 2,71 a	B 2,50 a	B 2,40 a
0,6	A 1,89 b	A 1,93 b	B 1,54 b
0,9	A 1,48 c	A 1,51 c	B 1,19 c
1,2	A 1,33 d	A 1,33 d	A 1,27 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 23. Índice (%) de polimento, dado pelo branquímetro, em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 42,33 a	B 36,16 a	C 31,00 a
0,6	A 15,66 b	B 9,00 b	C 0,33 b
0,9	A 0 c	A 0 c	A 0 c
1,2	A 0 c	A 0 c	A 0 c

Médias aritméticas simples, de três repetições seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se a Tabela 21 é possível verificar o aumento da pressão de autoclavagem acarreta diminuição significativa do índice de brancura das amostras de arroz, independentemente do tempo utilizado. Quando se analisa a interferência do tempo de autoclavagem sob o índice de brancura é possível observar que para as pressões 0,3 e 0,6 kgf.cm⁻² o aumento de tempo de 6 para 11 minutos ocasiona diminuição significativa desse parâmetro, no entanto, não se observa diferença significativa quando o tempo aumenta para 16 minutos. Para a pressão 0,9 kgf.cm⁻² não ocorre alteração significativa no índice de brancura quando aumenta o tempo de 6 para 11 minutos, observando uma diminuição apenas quando o tempo aumenta para 16 minutos. Já para a pressão de maior intensidade (1,2 kgf.cm⁻²) o aumento do tempo de autoclavagem não ocasiona diferença significativa no índice de brancura.

Através da observação da Tabela 22 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem, com exceção da amostra de maior intensidade de pressão e tempo (amostra parboilizada a 1,2 kgf.cm⁻² por 16 minutos), ocasionou diminuição significativa do índice de transparência. Porém, ao verificar a interferência do tempo de autoclavagem, essa diminuição do índice de transparência não ocorre tão uniformemente como o que ocorre com o aumento de pressão. O aumento do tempo de 6 para 11 minutos, quando se analisa a pressão 0,3 kgf.cm⁻², provoca diminuição significativa desse parâmetro, mantendo-se constante quando o tempo aumenta para 16 minutos. Para as amostras parboilizadas nas pressões 0,6 e 0,9 kgf.cm⁻² ocorre diminuição significativa quando o tempo aumenta de 11 para 16 minutos. Já a amostra autoclavada na pressão de maior intensidade, o aumento do

tempo de processo não proporciona alterações significativas do índice de transparência.

A Tabela 23 permite verificar que o aumento da pressão de autoclavagem ocasiona diminuição significativa do índice de polimento, independentemente do tempo utilizado, no entanto, a partir da pressão 0,9kgf.cm⁻² o aumento da pressão não proporciona alteração significativa desse parâmetro analisado. Quando se analisa a interferência do tempo de autoclavagem sob o índice de polimento é possível verificar que para as pressões 0,3 e 0,6 kgf.cm⁻² o aumento do tempo proporciona diminuição significativa desse parâmetro. Porém a partir da pressão 0,9 kgf.cm⁻² o aumento do tempo de da pressão não ocasiona alteração significativa do índice de polimento, resultando em valores de zero.

As Tabelas 24, 25 e 26 apresentam os valores dos resultados da análise do perfil colorimétrico, onde foram analisados, respectivamente, os valores de luminosidade, “a” e “b”.

TABELA 24. Valores de luminosidade em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 59,98 a	B 58,10 a	B 56,66 a
0,6	A 55,91 b	A 54,37 b	A 54,57 b
0,9	A 53,93 b	A 53,73 b	A 53,63 b
1,2	A 50,37 c	A 50,58 c	A 50,30 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 25. Valores de “a” em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A -3,78 d	A -3,71 d	A -3,70 d
0,6	B - 3,05 c	B - 2,80 c	A - 2,28 c
0,9	B - 2,25 b	A -1,62 b	A -1,48 b
1,2	A -1,11 a	A -1,02 a	A - 1,05 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, %, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 26. Valores de “b” em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 17,78 c	A 18,17 c	A 19,01 b
0,6	B 20,23 b	B 20,87 b	A 22,66 a
0,9	A 22,22 a	A 22,66 a	A 22,99 a
1,2	A 22,67 a	A 23,02 a	A 23,42 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Os valores de luminosidade variam de preto (L = 0) a branco (L = 100), sendo assim, quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra, e quanto mais distante, mais escura. Observando a Tabela 24 é possível perceber que o aumento da intensidade da pressão de parboilização acarreta na diminuição da luminosidade.

O valor da coordenada “a”, que caracteriza coloração na região do vermelho (+a) ao verde (-a), onde se pode perceber que o aumento da pressão de autoclavagem conduz os valores para mais próximo do eixo do vermelho (os dados ficam menos negativos) (Tabela 25).

Já o valor a coordenada “b” indica coloração no intervalo do amarelo (+b) ao azul (-b). Analisando a Tabela 26 é possível verificar que a medida que aumenta a pressão de autoclavagem também aumento os valores da coordenada “b”, ou seja, mais os valores se aproximam do eixo amarelo.

Analisando separadamente a Tabela 24, é possível perceber que o aumento da pressão de autoclavagem ocasionou uma diminuição significativamente, com exceção das amostras parboilizada na intensidade de pressão 0,9 kgf.cm⁻², que não diferiu significativamente da amostras 0,6 kgf.cm⁻², para os três tempos analisados, no que se refere ao parâmetro luminosidade. Quando se analisa a interferência do tempo de autoclavagem sobre esse parâmetro é possível perceber que o aumento do tempo somente produz diminuição significativa na amostra autoclavada na pressão 0,3 kgf.cm⁻² quando essa altera do tempo de 6 para 11 minutos, permanecendo constante quando o tempo aumenta para 16 minutos.

Observando-se a Tabela 25 que apresenta o valor “a”, verifica-se que o aumento da pressão de autoclavagem originou um aumento significativo de todos os valores, ou seja, tornando mais próximos do eixo vermelho. Observando a mesma

tabela, quando analisa-se a interferência do tempo de autoclavagem é possível perceber que tanto a pressão 0,3 kgf.cm⁻² quanto a 1,2 kgf.cm⁻² o aumento do tempo não proporciona alterações significativas do valor “a”. No entanto, para as amostras que foram parboilizadas nas pressões 0,6 e 0,9 kgf.cm⁻² o aumento do tempo altera esse parâmetro, sendo que na amostra 0,6 kgf.cm⁻² o grão torna-se mais vermelho quando o tempo aumenta de 11 para 16 minutos, já na amostra 0,9 kgf.cm⁻² o aumento da coloração vermelha ocorre quando o tempo altera de 6 para 11 minutos, não havendo alteração significativa quando o tempo aumenta para 16 minutos.

Através da observação da Tabela 26 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem proporciona aumento do valor “b” até a pressão 0,6 kgf.cm⁻² por 16 minutos, ou seja, a partir desse binômio os aumentos das condições de autoclavagem não ocasionam nenhuma alteração significativa ao valor “b” que corresponde ao amarelamento do grão. Ao verificar a interferência do tempo de autoclavagem sobre o valor “b” é possível perceber que o aumento do tempo somente proporciona alteração significativa na amostra autoclavada com pressão 0,6 kgf.cm⁻², sendo que ocorre aumento do valor “b” quando o tempo aumenta de 11 para 16 minutos.

A parboilização intensifica a cor dos grãos, tornando-a amarelo-claro ao âmbar (AMATO e ELIAS, 2005).

A mudança de cor que ocorre durante o processo de parboilização ocorre devido a diversos fatores, incluindo a temperatura e o tempo de encharcamento, tempo e temperatura de gelatinização e duração e os métodos de secagem (ELBERT *et al*, 2001; PILLAIYAR e MOHANDOSS, 1981).

As mudanças de coloração que ocorrem nos grãos durante a parboilização podem ser devido à migração de pigmentos da casca para o grão, escurecimento enzimático e ainda por escurecimento não enzimático do tipo Maillard (ITANI *et al*, 2002; ^bLAMBERTS, *et al*, 2007).

^bLAMBERTS *et al*. (2008) estudaram o impacto das condições de parboilização sob os precursores de Maillard e verificaram que grande parte do escurecimento do grão durante a parboilização se deve ao escurecimento por reação de Maillard.

As Tabelas 27 a 31 apresentam os valores dos resultados da análise do perfil de textura, onde foram analisados, respectivamente, firmeza, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade.

TABELA 27. Firmeza (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 1885,4 b	A 1899,6 b	A 1879,9 b
0,6	A 1924,5 b	A 1931,3 b	A 1947,2 b
0,9	A 2234,1 a	A 2332,6 a	A 2324,5 a
1,2	A 2220,2 a	A 2231,4 a	A 2369,6 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 28. Adesividade (J) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 1,88 b	A 1,69 b	A 1,74 b
0,6	A 1,91 b	A 2,03 b	A 2,05 b
0,9	A 2,39 a	A 2,35 a	A 2,41 a
1,2	A 2,39 a	A 2,46 a	A 2,65 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 29. Elasticidade (mm) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 0,43 a	A 0,43 a	A 0,44 a
0,6	A 0,42 a	A 0,46 a	A 0,45 a
0,9	A 0,49 a	A 0,50 a	A 0,50 a
1,2	A 0,47 a	A 0,48 a	A 0,46 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 30. Gomosidade (N) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 717,91 a	A 716,48 a	A 724,56 a
0,6	A 744,24 a	A 719,68 a	A 726,78 a
0,9	A 747,76 a	A 749,18 a	A 736,69 a
1,2	A 742,57 a	A 748,81 a	A 759,94 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 31. Mastigabilidade (N.mm) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 335,13 a	A 344,64 a	A 324,34 a
0,6	A 343,38 a	A 359,88 a	A 354,26 a
0,9	A 331,24 a	A 334,99 a	A 358,28 a
1,2	A 364,12 a	A 349,19 a	A 347,35 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando conjuntamente as Tabelas 27 e 28 percebe-se, que em todos os tempos de autoclavagem, as amostras parboilizadas com pressões 0,9 e 1,2 kgf.cm² apresentaram um aumento significativo dos parâmetros firmeza e adesividade em relação às amostras cujas pressões utilizadas foram 0,3 e 0,6 kgf.cm⁻². Já os outros parâmetros avaliados na análise do perfil texturométrico (Tabela 29 a 31) não apresentaram diferença significativa em nenhuma das pressões e tempos de autoclavagem.

Fagundes (2010), estudando a interferência do tempo de encharcamento do processo de parboilização, encontrou valores maiores de firmeza quando utilizou menores tempos de encharcamento. Esse resultado vai de encontro aos resultados da Tabela 27, quando foi verificado que as maiores intensidades de pressão de autoclavagem aumentam a firmeza dos grãos.

O aumento da firmeza observado nos grãos autoclavados em pressões mais intensas ocorre devido à maior aderência das partes das camadas periféricas ao endosperma do grão (principalmente fibra) o que torna o grão mais resistente (AMATO e ELIAS, 2005).

4.2.2 Propriedades de consumo

As propriedades de consumo foram avaliadas através da análise dos parâmetros de cocção e atributos sensoriais.

As Tabelas 32 a 34 apresentam os parâmetros de consumo.

TABELA 32. Tempo de cocção (minutos) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	B 18 d	B 18 d	A 20 d
0,6	B 20 c	A 23 c	A 23 c
0,9	B 25 b	A 27 b	A 28 b
1,2	B 31 a	B 32 a	A 34 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 33. Rendimento gravimétrico (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 332,29 a	A 324,40 a	A 324,71 a
0,6	A 325,94 a	A 324,40 a	A 336,74 a
0,9	A 333,97 a	B 304,40 b	B 292,29 b
1,2	A 294,51 b	A 286,51 b	A 266,40 b

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 34. Rendimento volumétrico (g) em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 303,51 a	A 309,91 a	A 303,20 a
0,6	A 305,38 a	A 314,60 a	A 307,59 a
0,9	A 291,31 b	A 298,60 b	A 286,46 b
1,2	A 283,03 b	A 283,06 b	A 260,22 b

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando a Tabela 32 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem proporciona aumento do tempo de cocção, independentemente do tempo utilizado. O aumento da pressão e do tempo de autoclavagem acarreta no aumento do tempo de cocção do arroz parboilizado devido à drasticidade do processo ocasionar maior dureza e resistência ao grão, dificultando a hidratação do grão, isso ocorre porque a parboilização causa modificações na estrutura do grão reduzindo os espaços internos, assim o arroz parboilizado com maior intensidade de pressão e tempo de autoclavagem necessita de mais água e mais tempo para sua cocção.

Através da observação conjunta das Tabelas 33 e 34 é possível verificar que o aumento da pressão de autoclavagem acarreta reduções dos rendimentos gravimétricos e volumétrico. A Tabela 33 permite constatar que o rendimento gravimétrico não apresenta diferença significativa até a amostra parboilizada na condição 0,9 kgf.cm⁻² por 6 minutos, sendo que a partir dessa, ocorre reduções significativas nas demais pressões analisadas. A observação do rendimento volumétrico na Tabela 34 permite verificar a mesma tendência do rendimento gravimétrico, no entanto, para esse caso, observa-se que ocorrem alterações significativas dos rendimentos volumétricos até a parboilização com pressão 0,6 kgf.cm⁻² por 16 minutos, onde a partir dessa condição ocorre redução desse rendimento para todas as demais amostras.

Segundo Gularte (2005), os fenômenos que decorrem das operações hidrotérmicas da parboilização conferem aos grãos maior capacidade de absorção de água, provocando maior “inchamento”, o que explica as maiores capacidades de

aumento de peso e de volume do arroz parboilizado e relação ao branco. Porém, nesse estudo (Estudo 2), é possível perceber que quando são comparadas as diferentes pressões de autoclavagem, não são observadas diferenças nos rendimentos gravimétricos e volumétrico nas menores pressões.

A utilização de pressões em condições mais drásticas de autoclavagem (a partir da pressão 0,9 kgf.cm⁻²) gera reduções dos rendimentos gravimétrico e volumétrico, o que prejudica o produto, já que, estes apresentaram menor peso e menor volume após a cocção do que as amostras autoclavadas nas condições mais brandas de pressão.

Segundo Juliano (2011) o conteúdo de amilose no arroz está diretamente relacionado com o volume de expansão e absorção de água durante o cozimento, com a dureza e a brancura do arroz cozido.

As Figuras 12 a 18 mostram a representação gráfica do teste sensorial de avaliação de atributos para as amostras parboilizadas em diferentes pressões e tempos de autoclavagem, nas quais constam os atributos cor, brilho, odor, soltabilidade, sabor e firmeza.

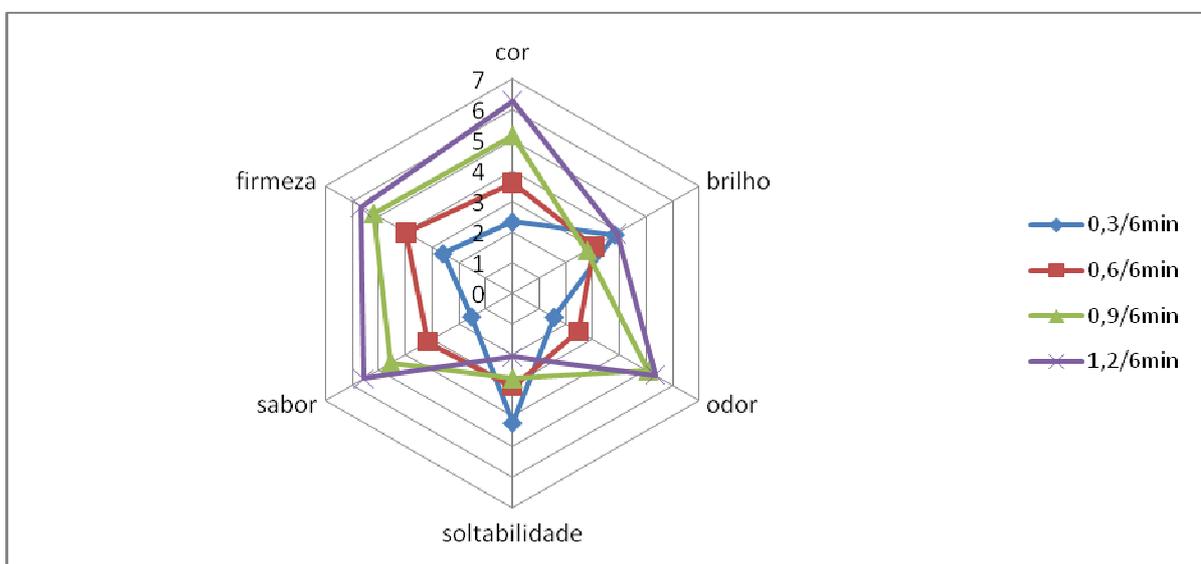


Figura 12. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (6 minutos).

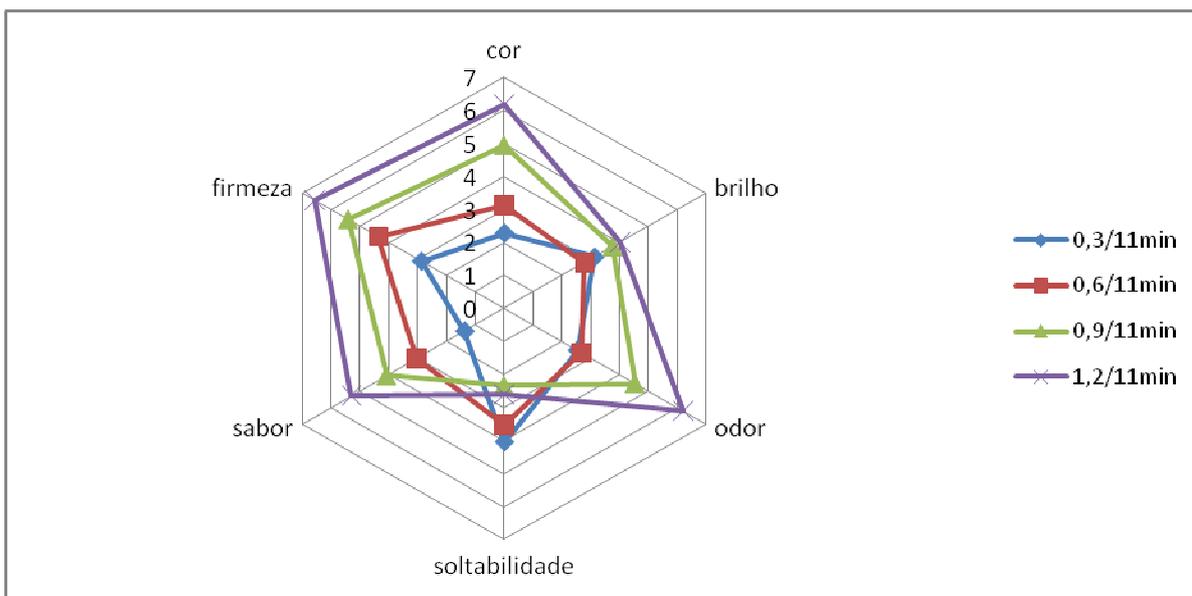


Figura 13. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (11minutos).

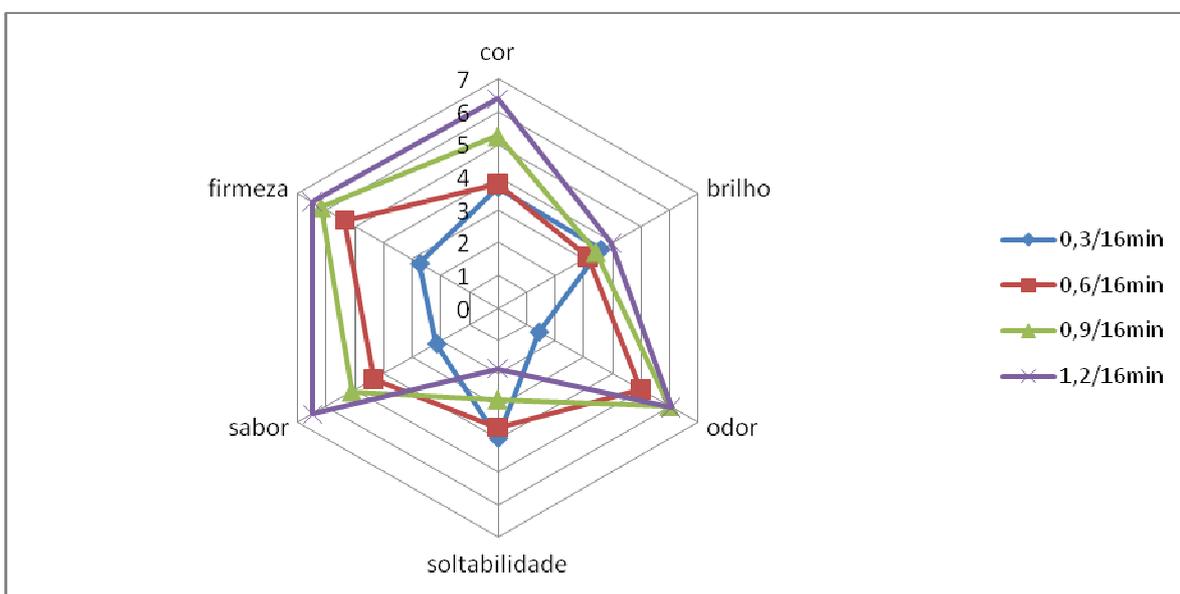


Figura 14. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes pressões de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (16minutos)

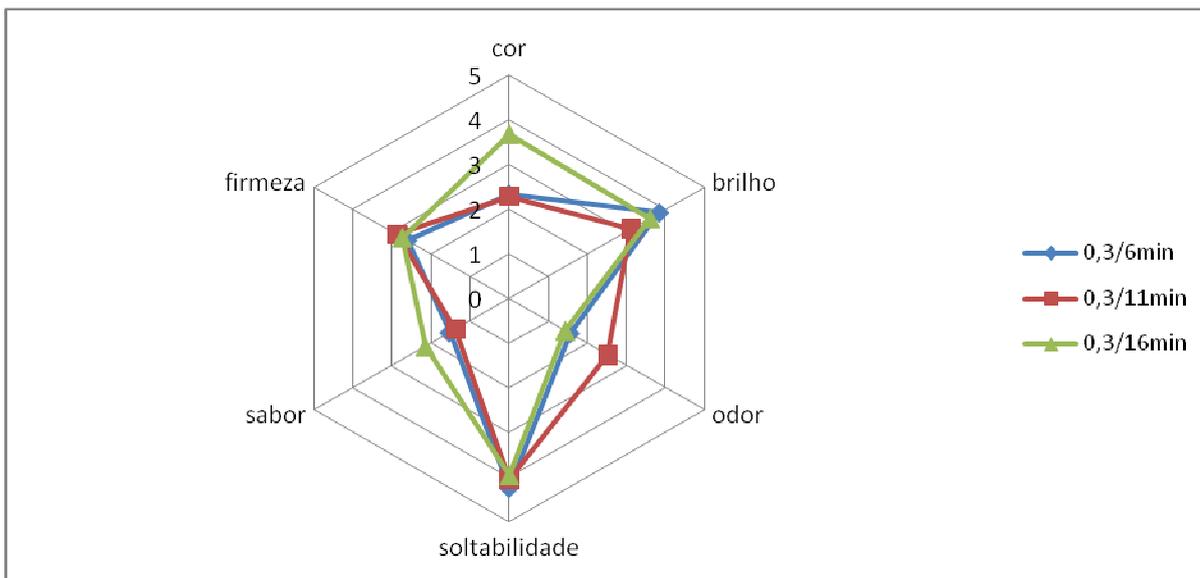


Figura 15. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,3kgf.cm⁻²)

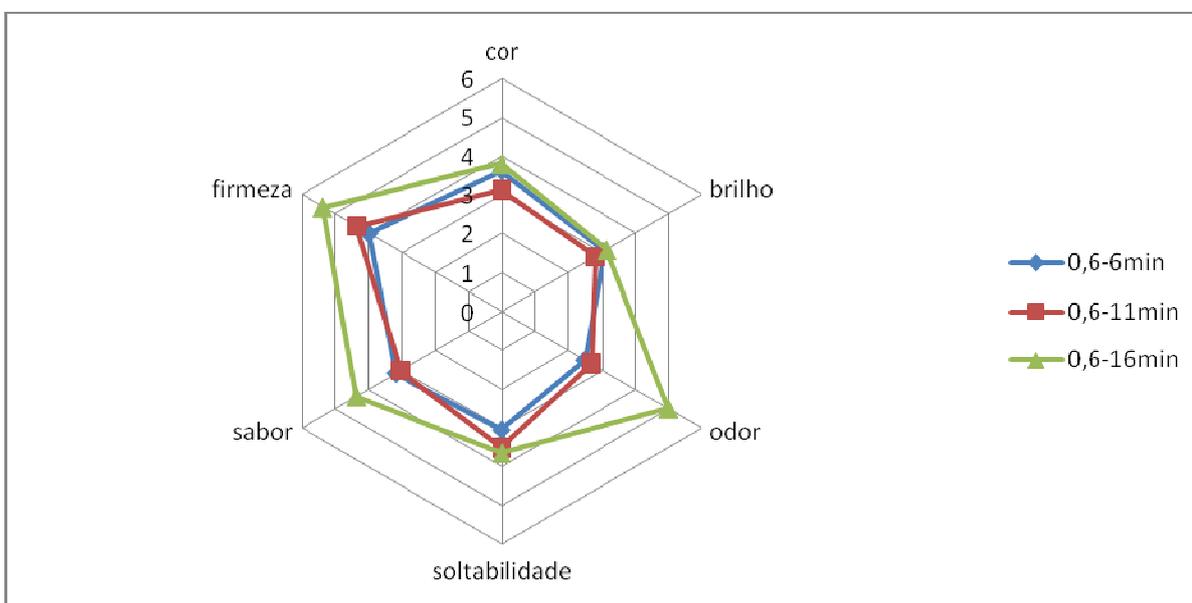


Figura 16. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,6kgf.cm⁻²).

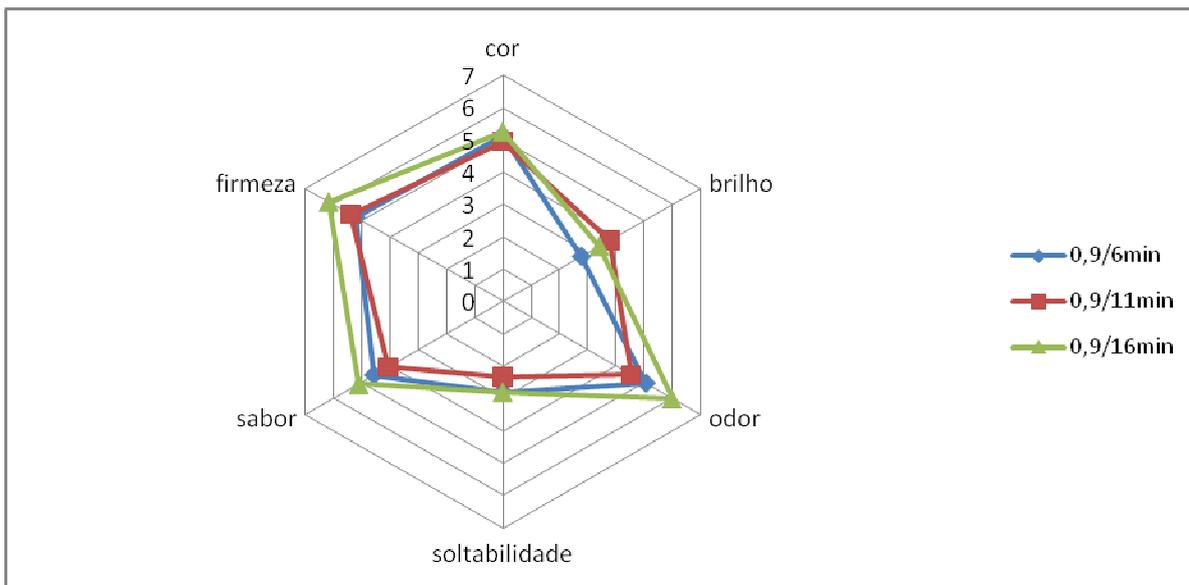


Figura 17. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (0,9kgf.cm⁻²).

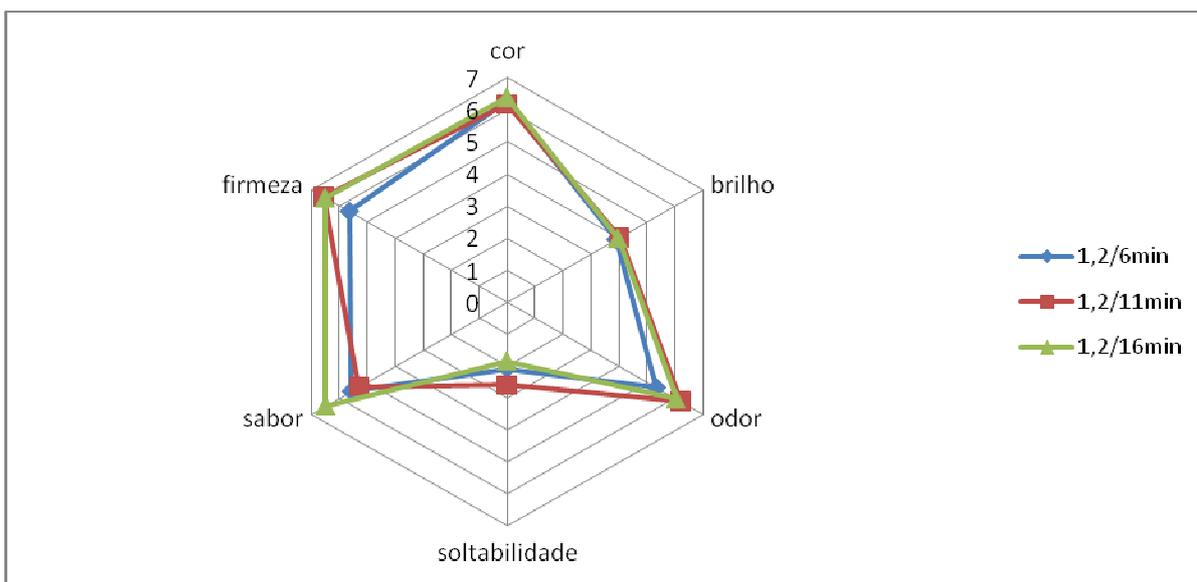


Figura 18. Parâmetros sensoriais em grãos de arroz parboilizados a diferentes tempos de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem (1,2kgf.cm⁻²).

As Tabelas 35 a 40 apresentam a classificação referente aos atributos sensoriais, cor, brilho, odor, sabor, soltabilidade e firmeza, respectivamente, avaliados por julgadores treinados.

TABELA 35. Atributo sensorial de cor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Amarelo muito claro	Amarelo muito claro	Amarelo claro
0,6	Amarelo claro	Amarelo claro	Amarelo claro
0,9	Amarelo	Amarelo	Amarelo forte
1,2	Amarelo forte	Amarelo forte	Amarelo forte

Através da Tabela 35 é possível verificar que aumentos da pressão e do tempo de autoclavagem intensificam a coloração dos grãos de arroz parboilizados. Percebe-se que até as condições de pressão 0,6 não ocorre intensificação tão brusca da cor, porém a partir da pressão 0,9 a cor intensifica-se para amarelo a amarelo forte, o que causa depreciação do produto, já que segundo Amato e Elias (2005) a maioria dos consumidores brasileiros prefere grãos de arroz mais claros, sendo que eles possuem o arroz branco como referencial.

TABELA 36. Atributo sensorial de brilho em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso
0,6	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso
0,9	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso	Pouco brilhoso
1,2	Brilhoso	Brilhoso	Brilhoso

Observando a Tabela 36 é possível verificar que o aumento da pressão e do tempo de autoclavagem intensifica o brilho das amostras de grãos de arroz somente na pressão mais intensa ($1,2 \text{ kgf.cm}^{-2}$) independentemente do tempo utilizado, quando obtiveram atribuição a arroz brilhoso, diferente das demais pressões e tempos que obtiveram classificação a arroz pouco brilhoso. É possível correlacionar o aumento de brilho nas amostras parboilizadas na pressão 1,2 ao seu maior conteúdo de lipídeos, um dos componentes responsáveis pela percepção do brilho.

O teor de lipídeos exerce função tecnológica importante, uma vez que confere brilho e intensifica o sabor na cocção, agindo como lubrificante na mastigação, conforme relata Gularte (2005).

TABELA 37. Atributo sensorial de odor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm^{-2})	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Parboilizado muito fraco	Parboilizado muito fraco	Parboilizado muito fraco
0,6	Parboilizado muito fraco	Parboilizado Fraco	Típico Parboilizado
0,9	Típico Parboilizado	Típico Parboilizado	Parboilizado forte
1,2	Parboilizado forte	Parboilizado forte	Parboilizado forte

Observando-se a Tabela 37 é possível verificar que para todas as amostras analisadas os julgadores conseguem identificar que o arroz passou pelo processo de parboilização, embora até a amostra parboilizada na condição de $0,6 \text{ kgf.cm}^{-2}$ por 11 minutos, esse odor característico de arroz parboilizados é muito sutil recebendo atribuição de arroz parboilizado fraco. Já quando o tempo e a pressão aumentam o odor se intensifica. A intensificação do odor durante a parboilização ocorre devido à migração de constituintes nutricionais das camadas periféricas para o interior dos grãos (CARDOSO *et al.*, 2005) e as reações não enzimática, como Maillard, que formam melanoidinas, ou dissoluções de pigmentos contidos na casca e transferidos para o interior do grãos por difusão (AMATO *et al.*, 2002).

TABELA 38. Atributo sensorial de sabor em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Parboilizado muito fraco	Parboilizado muito fraco	Parboilizado muito fraco
0,6	Parboilizado fraco	Parboilizado fraco	Típico parboilizado
0,9	Típico parboilizado	Típico parboilizado	Parboilizado forte
1,2	Parboilizado forte	Parboilizado forte	Parboilizado forte

Através da observação da Tabela 38 é possível verificar comportamento similar ao ocorrido com o odor. A intensificação do sabor residual característico do processo de parboilização ocorre principalmente devido as reações de Maillard que formam melanoidinas ou dissoluções de pigmentos contidos na casca e transferidos para o interior do grão por difusão (AMATO *et al.*, 2002).

TABELA 39. Atributo sensorial de soltabilidade em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Ligeiramente soltos	Ligeiramente soltos	Ligeiramente soltos
0,6	Soltos	Soltos	Ligeiramente soltos
0,9	Soltos	Muito soltos	Soltos
1,2	Muito soltos	Soltos	Muito soltos

TABELA 40. Atributo sensorial de firmeza em grãos de arroz parboilizado polido submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	Muito macios	Macios	Macios
0,6	Macios	Macios com centro firme	Macios com centro firme
0,9	Firmes	Firmes	Firmes
1,2	Firmes	Firmes	Firmes

Observando-se conjuntamente as Tabelas 39 e 40 é possível verificar que os aumentos das condições de autoclavagem intensificam a soltabilidade e a firmeza dos grãos. Segundo Tuley (1992) essas características são muito apreciadas pelos consumidores ocidentais que preferem os grãos mais firmes e menos pegajosos.

Algumas transformações físico-químicas decorrentes da parboilização são indesejáveis, tais como o desenvolvimento de sabor e cor desagradáveis para os consumidores do produto tradicional, ou seja, arroz branco (DORS et al., 2009).

Segundo Amato *et al.* (2002) a aparência, cor e brilho dos grãos são atributos mais importantes na definição de compra pelos consumidores, mais até que o preço. Quanto mais claros e mais brilhosos forem os grãos crus de parboilizados, mais se aproximarão dos grãos brancos polidos pelo processo convencional, desejável por grande parte da população. A cocção tende a reduzir a intensidade de expressão em atributos como cor e brilho, mas acentua as diferenças em sabor e odor.

A Figura 20 apresenta o percentual da intenção de compra das amostras de arroz parboilizadas com diferentes pressões e tempos de autoclavagem, realizados com 15 julgadores treinados.

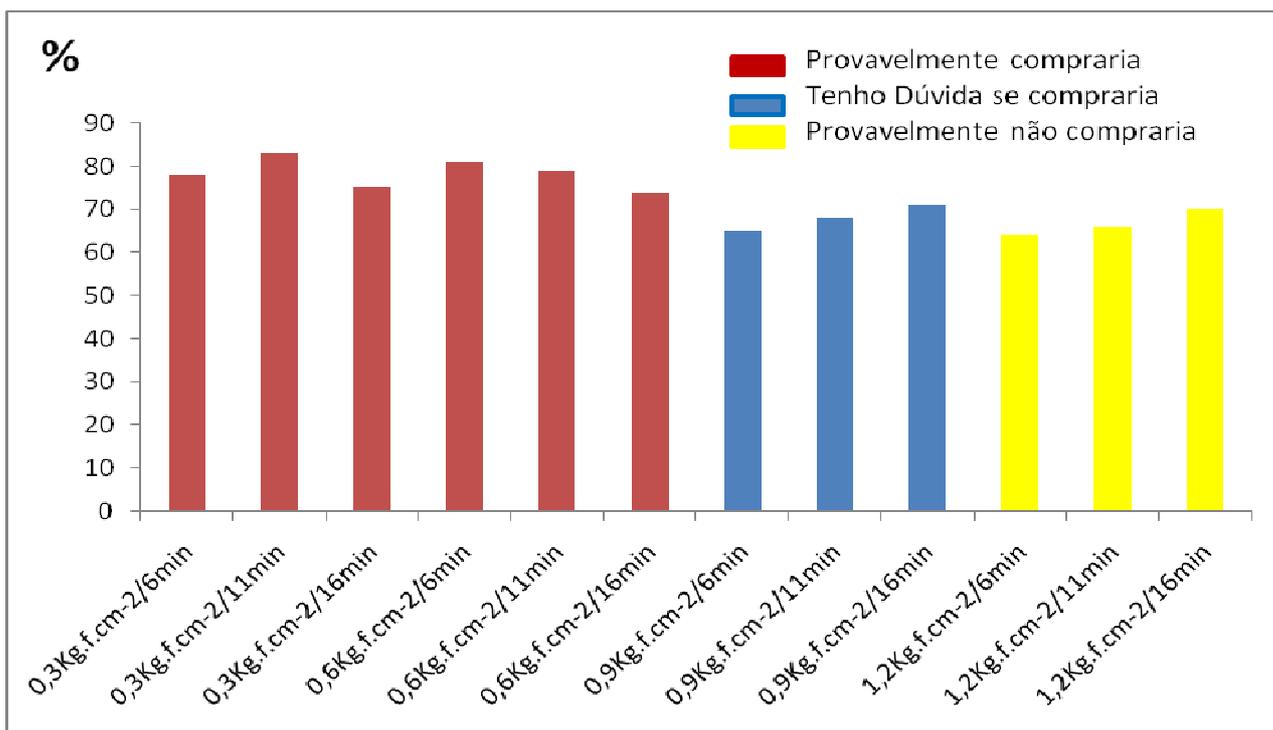


Figura 19. Aceitabilidade avaliada pela intenção de compra das amostras de arroz parboilizadas a diferentes pressões e tempos de autoclavagem. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h); autoclavagem 0,3kgf.cm⁻² (6, 11 e 16 minutos); 0,6kgf.cm⁻² (6, 11 e 16 minutos); 0,9 kgf.cm⁻² (6, 11 e 16 minutos); 1,2kgf.cm⁻² (6, 11 e 16 minutos).

Observando-se a Figura 19 é possível constatar que os julgadores aprovam as amostras de arroz que foram parboilizadas até a pressão de 0,6 kgf.cm⁻² por 16 minutos, sendo que mais de 70% responderam que provavelmente comprariam esses produtos. Já as amostras parboilizadas na pressão de 0,9kgf.cm⁻² nos diferentes tempos (6, 11 e 16 minutos) causaram dúvida nos julgadores, quando mais de 60% deles responderam ter dúvida na compra dos produtos. Porém, as amostras parboilizadas com a pressão mais intensa (1,2 kgf.cm⁻²) em todos os tempos estudados causaram rejeição por parte dos julgadores, já que mais de 60% deles responderam que provavelmente não comprariam esses produtos.

Segundo Amato e Elias (2005), a cor, o odor e as demais características sensoriais do arroz cozido têm especial importância na aceitação do arroz parboilizado.

4.2.3 Fração Lipídica

A Figura 20 apresenta o cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos usados como padrões. Já na Tabela 41 estão expostos os ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz parboilizado integral.

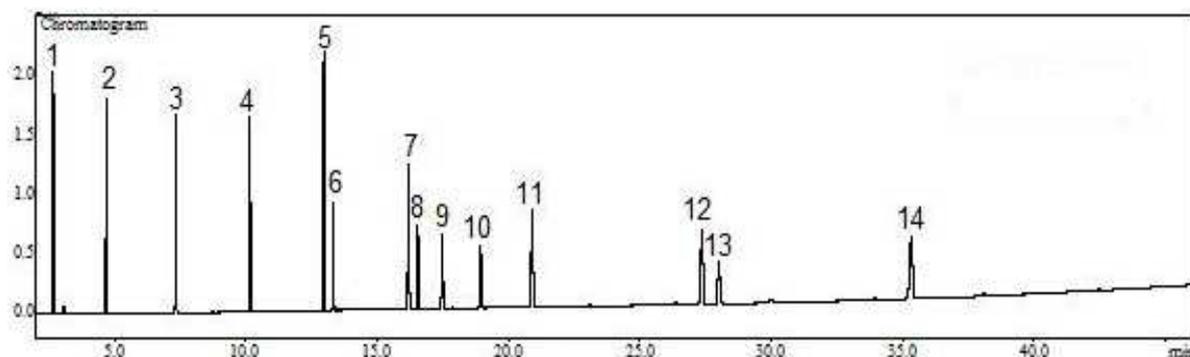


Figura 20. Cromatograma do GC/FID de mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos.

TABELA 41. Ácidos graxos e seus respectivos tempos de retenção usados como padrões para caracterização do óleo de arroz parboilizado integral.

Nº Pico	Tempo de Retenção (min)	Éster metílico do ácido:
1	2.67	Caprílico
2	4.68	Cáprico
3	7.33	Láurico
4	10.15	Mirístico
5	12.96	Palmítico
6	13.32	Palmitoleico
7	16.19	Estearico
8	16.53	Oléico
9	17.47	Linoléico
10	18.93	Linolênico
11	20.89	Araquídico
12	27.356	Behênico
13	28.00	Erúcico
14	35.32	Lignocérico

A Figura 21 apresenta o cromatograma típico dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz parboilizado integral.

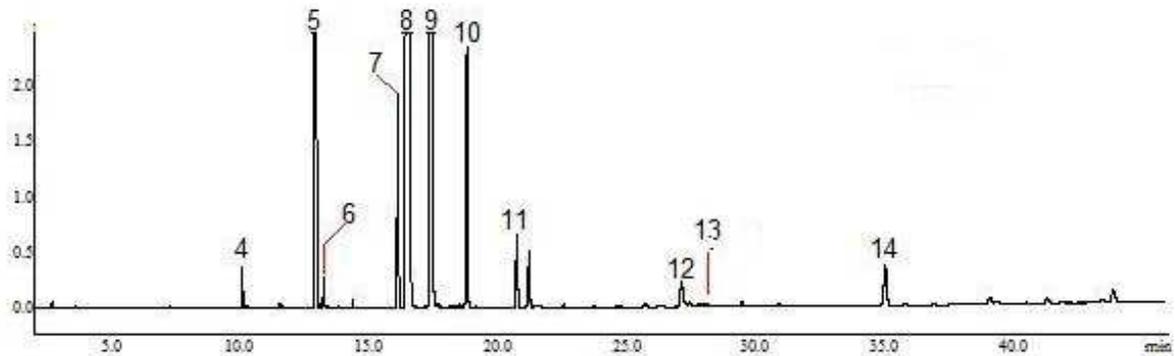


Figura 21. Cromatograma típico do GC/FID dos ésteres metílicos dos ácidos graxos do óleo de arroz parboilizado submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

A caracterização do óleo dos grãos de arroz beneficiados pelo processo de parboilização permitiu identificar a presença de nove ácidos graxos (mirístico, palmítico, esteárico, oléico, linoléico, linolênico, araquídico, behênico e lignocérico) através da solução padrão dos seus respectivos ésteres metílicos, e mais um ácido graxo por comparação com a literatura (palmitoléico).

As Tabelas 42 a 48 apresentam as concentrações de cada éster metílico, dos ácidos graxos calculados em relação à área do seu pico correspondente, em diferentes pressões e tempos de autoclavagem.

TABELA 42. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 6 minutos

Éster metílico do ácido	Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)			
	0,3	0,6	0,9	1,2
Mirístico	A 0,13	A 0,13	A 0,13	A 0,14
Palmítico	A 20,85	A 20,37	A 20,36	A 19,98
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,11	A 0,11	A 0,12
Esteárico	A 1,42	A 1,38	A 1,42	A 1,38
Oléico	A 40,52	A 40,67	A 40,43	A 39,99
Linoléico	A 32,54	A 32,90	A 33,44	A 34,27
Linolênico	A 1,53	A 1,46	A 1,57	A 1,68
Araquídico	A 0,53	A 0,56	A 0,55	A 0,54
Behênico	A 0,24	A 0,27	A 0,20	A 0,21
Lignocérico	A 0,38	A 0,40	A 0,37	A 0,37
Não identificado**	A 1,75	A 1,75	A 1,42	A 1,32

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 43. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 11 minutos

Éster metílico do ácido	Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)			
	0,3	0,6	0,9	1,2
Mirístico	A 0,14	A 0,12	A 0,13	A 0,13
Palmítico	A 21,05	A 20,46	A 20,20	A 20,11
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,11	A 0,12	A 0,12
Esteárico	A 1,46	A 1,38	A 1,45	A 1,46
Oléico	A 41,44	A 40,22	A 40,41	A 40,25
Linoléico	A 31,54	A 33,66	A 33,70	A 33,95
Linolénico	A 1,40	A 1,49	A 1,52	A 1,54
Araquídico	A 0,57	A 0,56	A 0,57	A 0,57
Behênico	A 0,28	A 0,24	A 0,23	A 0,20
Lignocérico	A 0,40	A 0,44	A 0,40	A 0,38
Não identificado**	A 1,61	A 1,32	A 1,27	A 1,29

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 44. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado a diferentes pressões de autoclavagem durante 16 minutos.

Éster metílico do ácido	Pressão de autoclavagem (kgf.cm ⁻²)			
	0,3	0,6	0,9	1,2
Mirístico	A 0,13	A 0,13	A 0,13	A 0,12
Palmítico	A 20,17	A 20,35	A 20,26	A 20,34
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,11	A 0,11	A 0,10
Esteárico	A 1,43	A 1,36	A 1,48	A 1,34
Oléico	A 40,34	A 40,32	A 40,53	A 40,27
Linoléico	A 33,76	A 33,81	A 33,47	A 33,76
Linolénico	A 1,45	A 1,47	A 1,61	A 1,50
Araquídico	A 0,54	A 0,55	A 0,59	A 0,52
Behênico	A 0,26	A 0,21	A 0,23	A 0,19
Lignocérico	A 0,41	A 0,44	A 0,40	A 0,36
Não identificado**	A 1,40	A 1,25	A 1,19	A 1,50

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 45. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,3 kgf.cm⁻² em diferentes tempos de autoclavagem

Éster metílico do ácido	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
Mirístico	A 0,13	A 0,14	A 0,13
Palmítico	A 20,85	A 21,05	A 20,17
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,11	A 0,11
Esteárico	A 1,42	A 1,46	A 1,43
Oléico	A 40,52	A 41,44	A 40,34
Linoléico	A 32,54	A 31,54	A 33,76
Linolénico	A 1,53	A 1,40	A 1,45
Araquídico	A 0,53	A 0,57	A 0,54
Behênico	A 0,24	A 0,28	A 0,26
Lignocérico	A 0,38	A 0,40	A 0,41
Não identificado**	A 1,75	A 1,61	A 1,40

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 46. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,6 kgf.cm⁻² em diferentes tempos de autoclavagem

Éster metílico do ácido	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
Mirístico	A 0,13	A 0,12	A 0,13
Palmítico	A 20,37	A 20,46	A 20,35
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,11	A 0,11
Esteárico	A 1,38	A 1,38	A 1,36
Oléico	A 40,67	A 40,22	A 40,32
Linoléico	A 32,90	A 33,66	A 33,81
Linolénico	A 1,46	A 1,49	A 1,47
Araquídico	A 0,56	A 0,56	A 0,55
Behênico	A 0,27	A 0,24	A 0,21
Lignocérico	A 0,40	A 0,44	A 0,44
Não identificado**	A 1,75	A 1,32	A 1,25

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

TABELA 47. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 0,9 kgf.cm⁻² em diferentes tempos de autoclavagem

Éster metílico do ácido	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
Mirístico	A 0,13	A 0,13	A 0,13
Palmítico	A 20,36	A 20,20	A 20,26
Palmitoléico*	A 0,11	A 0,12	A 0,11
Esteárico	A 1,42	A 1,45	A 1,48
Oléico	A 40,43	A 40,41	A 40,53
Linoléico	A 33,44	A 33,70	A 33,47
Linolénico	A 1,57	A 1,52	A 1,61
Araquídico	A 0,55	A 0,57	A 0,59
Behênico	A 0,20	A 0,23	A 0,23
Lignocérico	A 0,37	A 0,40	A 0,40
Não identificado**	A 1,42	A 1,27	A 1,19

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

TABELA 48. Concentração (%) dos ácidos graxos presentes no óleo do arroz parboilizado na pressão 1,2kgf.cm⁻² em diferentes tempos de autoclavagem

Éster metílico do ácido	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
Mirístico	A 0,14	A 0,13	A 0,12
Palmítico	A 19,9	A 20,1	A 20,34
Palmitoléico*	A 0,12	A 0,1	A 0,10
Esteárico	A 1,38	A 1,46	A 1,34
Oléico	A 39,99	A 40,25	A 40,27
Linoléico	A 34,27	A 33,95	A 33,76
Linolénico	A 1,68	A 1,54	A 1,50
Araquídico	A 0,54	A 0,57	A 0,52
Behênico	A 0,21	A 0,20	A 0,19
Lignocérico	A 0,37	A 0,38	A 0,36
Não identificado**	A 1,32	A 1,29	A 1,50

* Ácido graxo identificado por comparação na literatura. **A. G. não identificado por falta do seu padrão correspondente. Parboilização: encharcamento (60°C, 4h). Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se as Tabelas 42 a 48, que apresentam as concentrações de cada éster metílico, dos ácidos graxos calculados em relação a área do seu pico correspondente, é possível verificar que as concentrações dos ácidos graxos não obtiveram diferenças qualitativas nem quantitativas em nenhuma das pressões e dos tempos avaliados no estudo, o que indica que o aumento dessas condições de autoclavagem não modifica o perfil dos ácidos graxos do óleo de arroz.

Fagundes (2010) e Gonçalves (2007), também observaram esse mesmo comportamento para perfil cromatográfico dos ésteres metílicos, dos ácidos graxos extraídos dos óleos parboilizados a diferentes intensidades, ambos utilizando colunas capilares de sílica fundida DB-5.

A Figura 22 apresenta o cromatograma típico do γ -orizanól das amostras de farinha de arroz parboilizado integral, obtido por cromatografia líquida de alta eficiência.

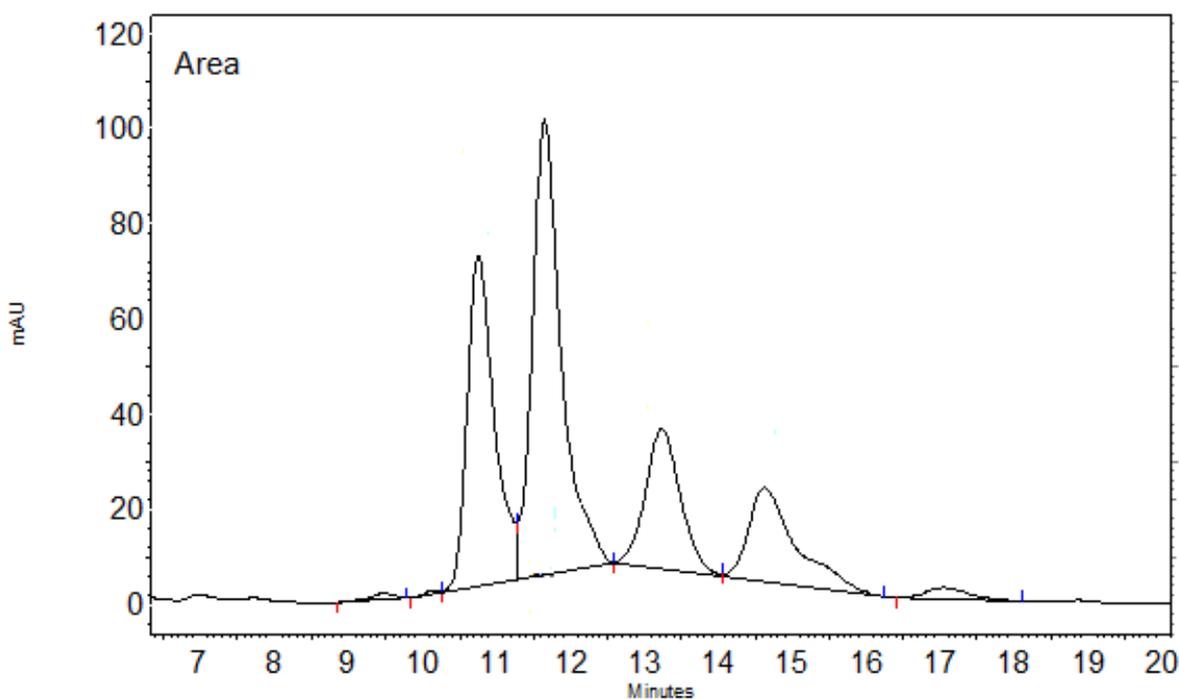


Figura 22. Cromatograma típico do γ -orizanol nas amostras de farinha de arroz parboilizado integral submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas.

A identificação dos componentes individuais não foi realizada neste estudo, pela inexistência de padrões destes compostos no mercado. Por isso, para quantificar o conteúdo de γ -orizanol na farinha de arroz integral das amostras, foi feito o somatório das áreas de todos os picos correspondentes.

A Tabela 49 apresenta o conteúdo de γ -orizanol ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em grãos de arroz parboilizado integral.

TABELA 49. Conteúdo de γ -orizanol ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em grãos de arroz parboilizado integral submetidos a diferentes tempos e pressões de autoclavagem no processo de parboilização com encharcamento a 60°C por 4 horas

Pressão de autoclavagem ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Tempo de autoclavagem (minutos)		
	6	11	16
0,3	A 23,01 a	A 22,86 a	A 22,76 a
0,6	A 21,87 a	A 23,28 a	A 23,65 a
0,9	A 22,48 a	A 22,83 a	A 23,08 a
1,2	A 24,33 a	A 23,78 a	A 23,58 a

Médias aritméticas simples, de três repetições. Valores ajustados para grãos umidade em 13%, seguidas por letras diferentes maiúsculas em mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observa-se que o conteúdo de γ -orizanol apresentado na Tabela 49, de todas as amostras de grãos de arroz parboilizado integral, não apresentaram diferença significativas nem em relação a pressão, nem ao tempo de autoclavagem, o que permite afirmar que o processo de parboilização, nas condições estudadas, não modifica a concentração de γ -orizanol em grãos de arroz. Esse comportamento é similar aos observados por Gonçalves (2007) e Fagundes (2010).

Iqbal *et al.* (2005), descrevem que o farelo de arroz como uma poderosa fonte de antioxidantes, que contém uma mistura única de tocóis e orizanois, sugerindo a utilização desses compostos em produtos nutracêuticos e em indústrias de alimentos funcionais.

A observação conjunta das Tabelas 13 a 49 e das Figuras 12 a 22 permite verificar que a intensidade da autoclavagem avaliada pela pressão e pelos tempos aplicados apresenta interferência importante nos parâmetros de avaliação nutricional e tecnológicas, no comportamento na cocção e nos atributos sensoriais do arroz parboilizado, mas não interferem significativamente no perfil lipídico e nem nos conteúdos de γ -orizanol.

Variações na pressão apresentam resultados mais expressivos do que variações do tempo de autoclavagem sobre parâmetros tecnológicos, de avaliação sensorial, comportamento na cocção e atributos sensoriais.

Pressões superiores a $0,6 \text{ kgf.cm}^{-2}$ em tempos a partir de 11 minutos na autoclavagem mostraram efeitos bastante drásticos nos atributos sensoriais, interferindo negativamente na aceitabilidade do arroz parboilizado. Para pressões superiores a $0,9 \text{ kgf.cm}^{-2}$, nem mesmo curtos tempos de autoclavagem conseguem elevados níveis de aceitabilidade para o arroz parboilizado.

5. CONCLUSÕES

5.1 O processo de parboilização, quando comparado com o beneficiamento convencional de arroz convencional, promove aumentos nas concentrações de cinzas, fibras, lipídeos e proteínas nos grãos polidos, na firmeza, na elasticidade, na gomosidade e na mastigabilidade dos grãos cozidos e no seu tempo de cocção e rendimento gravimétrico, com reduções significativas, no peso volumétrico dos grãos em casca, nos perfis branquimétrico e colorimétrico dos grãos polidos, na adesividade dos grãos cozidos, não se alterando as concentrações de carboidratos, peso de mil grãos e no rendimento volumétrico.

5.2 O processo de parboilização não altera o perfil lipídico, a concentração dos ácidos graxos, nem o perfil dos compostos majoritários da fração γ -orizanol do óleo de arroz, sendo que os aumentos da pressão e do tempo de autoclavagem também não provocam alterações nesses parâmetros.

5.3 O aumento da intensidade de pressão promove aumento significativos no grau de gelatinização, nos conteúdos de cinzas, fibras e lipídeos nos grãos polidos, na firmeza, adesividade, tempo de cocção dos grãos cozidos, com diminuição no peso volumétrico dos grãos em casca e nos rendimentos gravimétrico e volumétrico dos grãos cozidos, sem que haja, alterações no peso de mil grãos e no conteúdo de proteínas e carboidratos nos grãos polidos, na elasticidade, na gomosidade e na mastigabilidade dos grãos cozidos.

5.4 O aumento da intensidade de pressão promove alterações na coloração dos grãos, diminuindo os índices de brancura, de transparência e de polimento e os valores de luminosidade com aumento nos valores de "a" e de "b".

5.5 Aumentos da intensidade de pressão alteram os parâmetros sensoriais intensificando todos os atributos avaliados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIAP – **Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado**. Disponível em: <<http://www.abiap.com.br> > Acesso em junho de 2009.

AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz Parboilizado: Tecnologia Limpa, Produto Nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002, 240p.

AMATO, G.W; ELIAS, M.C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre Ricardo Lenz editor, 160p., 2005.

AMATO, G. W.; SILVEIRA, S. **Parboilização de arroz no Brasil**. Porto alegre: Cientec, 1991. 91p.

ANVISA. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais**. Anexo 3. Resolução n. 482, de 23 de setembro de 1999. Disponível em: <[http:// www.anvisa.gov.br-legis-resol-482_99.htm](http://www.anvisa.gov.br-legis-resol-482_99.htm)> Acesso em janeiro de 2011.

AOAC. **Official Methods Of Analysis Of The Association Of Official Analytical Chemists**. 16th ed., Washington, DC, 1997.

AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official and tentative methods of the American Oils Chemists' Society**, Champaign, IL., 1998.

BERGMAN, C.J.; XU, Z. Genotype and environment effects on tocopherols, tocotrienols and gamma-oryzanol contents of Southern US rice. **Cereal Chemistry**, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 2009a. 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz. Instrução Normativa Nº 6**, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009b.

BRUM, F.B; ALVES, B.M ; GOLOMBIESKI, J. I. ; SILVA, L.P. da ; Fagundes, C.A . Composição nutricional em grãos de arroz polido e parboilizado. In: **V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Pelotas. p. 517-519. 2007.

BRUSCATTO, M.H.; **Estabilidade de biofenóis no óleo de arroz submetido ao aquecimento em diferentes temperaturas.** Pelotas, UFPel. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 83 p, 2008.

CARDOSO, M. B.; WALLY, A. P. S.; ELIAS, M. C.; GULARTE, M. A.; SCHIRMER, M. A.; FAGUNDES, C. A. A.; DIAS, A. R. G.; PRESTES, D. H. Efeitos da parboilização nas características de consumo de arroz. **In: IX Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, XXVI Reunião da Cultura do arroz Irrigado, 2005, Santa Maria. Anais do IX Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXVI Reunião da Cultura do arroz Irrigado, 2005. v. 1.

CARVALHO, J.L.V.; AMATO, G.W.; MAZZARI, M.R.; GERMANI, R. **Retenção de vitaminas B1 e B2 em arroz parboilizado processado em autoclave e em estufa no Brasil.** Lavoura Arrozeira. IRGA, Porto Alegre, v.45, n.403,1998. p.12-14.

CASTRO, E. da M. de: VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão(Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34). 30p., 1999.

CHEN, M.H; BERGMAN, C.J. A rapid procedure for analysing Rice bran tocopherol, tocotrienol and gamma-oryzanol contents. **Journal of Food and Analysis**, n.18, p. 139-151, 2005.

CHAMPAGNE, E. T.; LYON, B. G.; MIN, B. M.; VINYARD, B. T.; BETT, K. L. et al. Effects of postharvest processing on rice texture profile analysis. **Cereal Chemistry**, v.75, p.181-186, 1998.

COFFMAN, W.R.; JULIANO, B.O. Rice. In: Olson, R.A.; Frey, K.J. **Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement.** Madison: American Society of Agronomy, 1987. P. 101-131. cap.5.

DORS, G.C; PINTO, R.H, BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 29(1): 219-224, jan.-mar, 2009.

ELBERT, G.; TOLABA, M.; SUAREZ, C. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p. 37–41, 2001.

ELIAS, M.C. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado.** Pelotas, Tese (Doutorado) 164f. 1998.

ELIAS, M.C.; SCHIAVON, R. A.de.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos científicos e operacionais na industrialização de arroz.** Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2010. 543p.

ELIAS, M.C.; RUTZ, D.; OLIVEIRA, M. de.; AMATO, G.W.; DIAS, A.R.G.; SCHIRMER, M.A. **Grau de gelatinização e seus efeitos sobre parâmetros de avaliação nutricional e sensorial em arroz parboilizado.** IN: VI Congresso Brasileiro arroz Irrigado. Porto Alegre/RS. 2009.

ELIASSON, A.C. **Starch in food - Structure, function and applications.** New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

FAGUNDES, G.A. **Efeitos do tempo de encharcamento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e nutricional de arroz parboilizado.** Pelotas, UFPel. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 77 p, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FERNANDEZ, M.A.; SAENZ, M.T.; GARCIA, M.D. Anti-inflammatory activity in rats and mice of phenolic acids isolated from *Scrophularia frutescens*. **J.Pharm. Pharmacol.** v.50,p.1183–1186, 1998.

GONÇALVES, P.R. **Influência da temperatura da água na operação de encharcamento sobre a fração lipídica do arroz parboilizado.** Pelotas, UFPel. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 74 p, 2007.

GONÇALVES, P. R.; MONKS, J.L.F.; MONKS, L.F.; BATISTA, C.G.; MACEDO, V.G.K.; ELIAS,M.C. **Efeitos do tempo de autoclavagem na parboilização sobre a composição química e o perfil branquimétrico de grãos de arroz.** IN: IV Simpósio Sul Brasileiro de Qualidade Arroz na Pós-Colheita. Pelotas/UFPEL. p.679-685, 2010.

GULARTE, M.A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. Pelotas: Edigraf UFPEL, 2002. 59p.

GULARTE, M.A. **Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz**. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2005.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L., PINTO, E. A., PENTEADO, U. M.; LANFER-MARQUEZ, U .M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p. 287–296, 2005.

HELBIG, E. Consumo de arroz e implicações nutricionais. In: ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; SCHIAVON, R.A. **Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, p.405-26, 2010.

HELBIG, E.; DIAS, A.R.G.; TAVARES, R.A.; SCHIRMER, M. A. ELIAS, M.C. Arroz parboilizado: efeitos na glicemia de ratos wistar. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**. V.58, p.149-155, 2008.

HOSENEY, R.C. **Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales**. Zaragoza: Ed. ACRIBIA, 1991.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 45, n.3,p. 253-267, 2001.

HOU, Y.Z.; YANG, J., ZHAO, G.R., YUAN, Y.J. Ferulic acid inhibits vascular smooth muscle cell proliferation induced by angiotensin II. **European Journal of Pharmacology**, v.499, p.85–90, 2004.

HOUSTON, D.F. **Rice chemistry and technology**. Saint Paul, Minnesota, A.A.C.C., 517p., 1972.

HU, P.,ZHAO, H., DUAN, Z., LINLIN, Z., WU, D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of Rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**. V.40, p.231-237, 2004.

IMSANGUAN, P.; ROAYSUBTAWEE, A.; BORIRAK, R. PONGAMPHAI, S.; DOUGLAS, S. DOUGLAS, P.L. Extraction of α -tocopherol and γ -oryzanol from rice bran. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, p.1417–1424, 2008.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **Rice supply/utilization balances, by country and geographical region, selected years**. Table 17. <http://www.irri.org/science/ricestat/pdfs/Table%2017.pdf>. 2011.

IQBAL, S.; BHANGER, M. I.; ANWAR, F. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. **Food Chemistry**, v. 93, p. 265-272, 2005.

IRGA – **Instituto Riograndense do Arroz**. Disponível em: <http://irga.rs.gov.br>. Acesso em janeiro de 2011.

ISLAM, M.S.; MURATA, T.; FUJISAWA, M.; NAGASAKA, R.; USHIO, H., BARI, A.M.; HORI, M.; OZAKI, H. Anti-inflammatory effects of phytosteryl ferulates in colitis induced by dextran sulphate sodium in mice. **British Journal of Pharmacology** v. 154, p.812–824, 2008.

ITANI, T.; TAMAKI, M.; ARAI, E.; HORINO, T. Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5326–5332, 2002.

JULIANO, B.O. **Rice in Human Nutrition**. FAO, Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/t0567e/t0567e00.htm> Acesso em janeiro de 2011.

JULIANO, B.O. Rice properties and processing. **Food Reviews International**, v. 1, p.432–445, 1985.

KADLEC, P. Carbohydrates in grain and legume seeds: Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics. Ed. **Hedley C.L.** CABI Publishing, division of CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp.15-59, 2001.

KADDUS MIAH, M. A.. Parboiling of rice. Part II: effect of hot soaking time on the degree of starch gelatinization. **International Journal of Food Science and Technology** , v. 37, p. 539–545, 2002.

KENNY G.. **Nutrient impact assessment of rice in major rice consuming countries. FAO-ESNA Consultancy Report.** Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/006/y4751e/y4751e02.htm>. Acesso janeiro de 2011.

KIM, J.C., MULLAN, B.P., HAMPSON, D.J., PLUSKE, J.R. Effects of amylose content, autoclaving, parboiling, extrusion, and post-cooking treatments on resistant starch content of different rice cultivars. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.57,p.1291–1296, 2006.

^aLAMBERTS, L.; DE BIE, E.; VANDEPUTTE, G. E.; VERAVERBEKE, W. S.; DERYCKE, V.; DE MAN, W. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. **Food Chemistry**, v. 100, p.1496–1503, 2007.

^bLAMBERTS, L.; ROMBOUTS, I.; BRIJS, K.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**, v. 110, p.916–922, 2008.

LEE, H.S.; HWANG, Y.H.; JANG, Y. S.; KIM, M.K. Fatty acid composition of rice bran oil and growth-promoting effect of rice bran extract and rice bran oil on *Bifidobacterium* and *Lactobacillus*. **Agricultural Chemical Biotechnology**. v.45. n.3, p.121-124, 2002.

LV, B.; LI, B.; CHEN, S.; CHEN, J.; ZHU, B. Comparison of color techniques to measure the color of parboiled rice, **Journal of Cereal Science**, v.50, p.262–265, 2009.

LYON, B. G., et al. "Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices." **Cereal Chemistry**. v. 77.n.1 p.64-69, 2000.

MARTINEZ, C. Y CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia de estudo**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

MATOS, F.J.A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3ª Ed., Fortaleza: Edições UFC, p. 148, 2007.

MENEGHETTI, V.L.; OLIVEIRA, M. MARTINS, I.G.; OLIVEIRA, L.C.; FAGUNDES, C.A.; ELIAS,E.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: Qualidade de arroz na Pós-Colheita. Pelotas, p.623-628, 2005.

MILLER, A., & ENGEL, K. H. Content of gamma-oryzanol and composition of steryl ferulates in brown rice (*Oryza sativa* L.) of European origin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, 8127–8133. 2006.

MONKS, J.L.F. **Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e bioquímica, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz.** 115p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

MONKS, J. L. F.; MONKS, L.F.; GOMES, C. MARTINELLI, L. A.; MOURA, M. O de., HELBIG, E.; ELIAS, M. C. **Efeitos do métodos de beneficiamento industrial sobre os parâmetros sensoriais do arroz.** In: III Simpósio Sul-Brasileiro de Qualidade de Arroz, ABRAPOS, Camaquã, 2008, p.452-457.

MONKS, L.F.; MONKS, J.L.F.; LEAL, C.M.Q. de.; GOMES, C.B.; RUTZ, D.; ELIAS, M.C. **Efeitos da pressão de autoclavagem sobre parâmetros físicos e químicos em arroz parboilizado.** IN: VI Congresso Brasileiro arroz Irrigado. Porto Alegre/RS. 2009.

MORALES, H.R. Evaluation de La análisis sensorial. In: **Simposium Iberoamericano de Análisis Sensorial**, 1999, Santa Fé. Resumos. Santa Fé, México: Universidad Iberoamericana, 1999.

MUNÔZ, A. M.; CIVILLE, C.V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.

NAVES, M.M.V. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.25, p.51-60, jan./jun. 2007.

OHARA, K.; UCHIDA, A.; NAGASAKA, R.; USHIO, H.; OHSHIMA, T. The effects of hydroxycinnamic acid derivatives on adiponectin secretion. **Phytomedicine**, v.16, p. 130-137, 2009.

OKA, T.; FUJIMOTO, M.; NAGASAKA, R.; USHIO, H.; HORI, M.; OZAKI, H. Cycloartenyl ferulate, a component of Rice bran oil-derived g-oryzanol, attenuates mast cell degranulation. **Phytomedicine**, v.17, p.152–156, 2010.

ORTHOEFER, F. T. Rice bran oil: Healthy lipid source. **Food Technology**, v. 50, n.12, p. 62-64, 1996.

PADUA, A.B; JULIANO, B.O. Effect of parboiling on thiarnin, protein and fat of rice. **Journal Science Food Agriculture**, v.25, p. 697-70, 1974.

PARK, J.K.; KIM, S.S.; KIM, K.O. Effect of Milling Ratio on Sensory Properties of Cooked Rice and on Physicochemical Properties of Milled and Cooked Rice. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 2, p. 151-156, 2001.

PASCUAL, C.S.C.I; PINTO, P.A; MIRA, N.V.M; MASSARETTO, I.L; FAGUNDES, C.A.A.; LANFER-MARQUES, U.M. Efeito da cocção sobre os teores de g-orizanol em arroz integral. IN: **V CBAI**, Pelotas/RS 2007.

PAUCAR-MENACHO, L.M; SILVA, L.H.;SANT'ANA, A. S.; GONÇALVES, L. A. G. Refino de óleo de farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p. 45-53, 2007.

PERRETTI, G; MINIATI, E; MONTANARI, L; FANTOZZI, P. Improving the value of rice by-products by SFE. **Journal of Supercritical Fluids**, v.26 p.63-71, 2002.

PESTANA, V.R; MENDONÇA, C.R.B; ZAMBIAZI, R.C. Farelo de arroz: Características, benefícios à saúde e aplicações. **Boletim CEPPA**, Curitiba v. 26, n. 1, jan./jun. 2008.

PESTANA, V. R. **Avaliação da qualidade do óleo de arroz e do conteúdo de tocoferóis e orizanois durante o processo de refino**. Dissertação , - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 73p., 2007.

PILLAIYAR, P.; MOHANDOSS, R. Hardness and color in parboiled rices produced at low and high temperatures. **Journal of Food Science and Technology**, v. 18, p. 7–9, 1981.

PROM-U-THAI, C.; GLAHN, R. P.;CHENG, Z. FUKAI, S.; RERKASEM, B.; HUANG, L. The bioavailability of iron fortified in whole grain parboiled rice. **Food Chemistry**, 112, p. 982-986, 2009.

RAGHAVENDRA RAO, S. N.; JULIANO, B. O. Effect of parboiling on some physico-chemical properties of rice. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.18, n.2, p.289-294, 1970.

REDDY, B. S.; A. CHAKRAVERTY. Physical properties of raw and parboiled paddy." **Biosystems Engineering**, v.88, n.4, p.461-66, 2004.

SAGUM, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, Barking, v.70, n.1, p.107-111, 2000.

SCHIAVON, R. de A. **Efeitos do método de secagem sobre a qualidade e o desempenho industrial de grãos de arroz armazenados em ambiente controlado com temperatura reduzida**. Pelotas, UFPel. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 72 p, 2010.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III, **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.54, p.363-369, 2003.

SILVA, L.H. **Umidade inicial dos grãos e parâmetros hidrotérmicos sobre a água de encharcamento e o desempenho industrial do arroz na parboilização**. Dissertação - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 155f., 2003.

SOPONRONNARIT, S.; NATHAKARANAKULE, A.; IRAJINDALERT, A.; TAECHAPAIRO, C. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.423–432, 2006.

STATSOFT Inc. Statistica for Windows. Versão 6.0. Tulsa, OK, 2004.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Process influence on nutritional composition of rice grains. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.16, n.3, p. 259-264, 2005.

STORCK, C.R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SUJATHA, S.J.; AHMAD, R.; BHAT, P.R. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. **Food Chemistry**, 2003.

TESTER, R.F. *et al.* Starch - composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v.39, p.151-165, 2004.

TULEY, L. The rice revolution. **Food Review**, v. 19(5), p. 13–14, 1992.

VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, L. V. de. Qualidade Tecnológica. In: **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás Embrapa: Arroz e Feijão, 1999. p. 582-599.

ZAMBIAZI, R. **The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability**. Manitoba/Canadá 304 f. Thesis (Doctor of Philosophy), Food and Nutritional Sciences Interdepartmental Program, University of Manitoba, 1997.

WALTER, M; SILVA L. P; PERDOMO D.M.X. Resposta biológica de ratos ao amido resistente. **Revista Instituto Adolfo Lutz**; 64 (2), p.252-257, 2005.

WALTER, M; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2007.

WILSONA, T.A.; NICOLOSIA, R.J.; WOOLFREYA, B.; KRITCHEVSKYB, D. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.18, p.105–112, 2007.