

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE – UNIPLAC

UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UNC

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS PRODUTIVOS - PPGSP

LILIAN TISCOSKI DA SILVA

**AValiação de diferentes cultivares de arroz quanto aos indicadores de qualidade
durante o processo de parboilização**

LAGES/SC

2024

LILIAN TISCOSKI DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE ARROZ QUANTO AOS INDICADORES DE QUALIDADE
DURANTE O PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado, vinculada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre(a) em Sistemas Produtivos.

Orientadora: Profa. Dra. Lenita Agostinetto

Coorientador: Prof. Dr. Kristian Madeira

Ficha Catalográfica

S586a Silva, Lilian Tiscoski da
Avaliação de diferentes cultivares de arroz quanto aos indicadores de qualidade durante o processo de parboilização / Lilian Tiscoski da Silva ; orientadora Dra. Lenita Agostinetto ; coorientador Dr. Kristian Madeira. – 2024.
109 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense ; Universidade do Contestado ; Universidade do Extremo Sul Catarinense ; Universidade da Região de Joinville. Lages, SC, 2024.

1. Arroz parboilizado. 2. Variedades. 3. Padronização. I. Agostinetto, Lenita (orientadora). II. Madeira, Kristian (coorientador). III. Universidade do Planalto Catarinense. IV. Universidade do Contestado. V. Universidade do Extremo Sul Catarinense VI. Universidade da Região de Joinville. VII. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos. VIII. Título.

CDD 658.5

FOLHA DE APROVAÇÃO

LILIAN TISCOSKI DA SILVA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE ARROZ QUANTO AOS INDICADORES DE QUALIDADE DURANTE O PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a **Dissertação** apresentada no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP, Linha de Pesquisa Gestão e Conhecimento em Sistemas Produtivos, em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Sistemas Produtivos**.

Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente
LENITA AGOSTINETTO
Data: 26/02/2025 15:44:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Lenita Agostinetti - Uniplac

Presidente da Banca / Orientador(a)



Documento assinado digitalmente
KRISTIAN MADEIRA
Data: 28/02/2025 10:01:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Kristian Madeira - Unesc



Documento assinado digitalmente
NATHAN LEVIEN VANIER
Data: 28/02/2025 15:50:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Nathan Levien Vanier

Membro externo da banca



Dra. Elisabeth Wisbeck

Membro interno da banca

Lages, SC, 30 de setembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu noivo, que até a apresentação deste mestrado será meu marido, por todo o apoio, incentivo e paciência. Agradeço também aos meus pais, em especial minha mãe a construir o desejo de realizar o mestrado desde a infância. Vocês estiveram ao meu lado em cada passo da minha jornada, me incentivando a superar desafios e celebrando minhas conquistas. Sem o apoio e a confiança de vocês, eu não teria chegado até aqui. Obrigado por serem minha base e minha inspiração.

Gostaria de agradecer de coração a todos os professores do meu mestrado, especialmente aos meus orientadores Kristian e Lenita. O apoio, a orientação e o conhecimento compartilhado por vocês foram essenciais durante essa jornada acadêmica. Kristian, sua dedicação em guiar meus estudos e pesquisas me ajudou a desenvolver um pensamento crítico e aprofundado. Lenita, sua paciência e incentivo foram fundamentais para que eu superasse os desafios e me sentisse confiante no meu potencial. A sabedoria e a paixão de ambos pela educação me inspiraram profundamente, e sou eternamente grata por todas as valiosas lições aprendidas. Obrigado por acreditarem em mim e por me ajudarem a alcançar este importante passo na minha carreira. Dentre os demais professores que colaboraram nesta jornada, menciono o professor Adriano, responsável pela disciplina de Planejamento Experimental no PPGCEM, que ampliou as possibilidades deste estudo e ajudou de forma paciente e responsável para a correta aplicação da metodologia de planejamento experimental fatorial neste trabalho.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à Fumacense Alimentos por todo o apoio e incentivo que recebi ao longo do meu mestrado. O financiamento proporcionado foi fundamental para que eu pudesse aprimorar meus conhecimentos, contribuindo para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. A confiança que a empresa deposita em mim é uma grande motivação para sempre buscar o melhor e trazer inovações que beneficiem a nossa equipe.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte e incentivo ao desenvolvimento científico.

Concluo agradecendo à Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento.

RESUMO

SILVA, Lilian Tiscoski. **Avaliação de diferentes cultivares de arroz quanto aos indicadores de qualidade durante o processo de parboilização.** 2024, 109 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos). Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, da Universidade do Contestado – UNC, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Lages, (2024).

Contextualização: No Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) regulamenta e fiscaliza o arroz destinado à alimentação humana, conforme a Instrução Normativa nº 06 de fevereiro de 2009. O arroz parboilizado, que representa mais de 25% do consumo no país e no mundo, é valorizado por suas vitaminas do complexo B, pela presença de amido resistente e pelo seu menor índice glicêmico, fatores que contribuem para seu valor nutricional. No entanto, a produção desse arroz exige um rigoroso controle de processo; falhas nesse controle podem levar a custos elevados, má qualidade do produto final e falta de padronização, afetando seu valor agregado e a escolha do consumidor.

Objetivo: Avaliar o comportamento de diferentes cultivares de arroz quanto aos indicadores de qualidade durante o processo de parboilização. **Metodologia:** Foram analisadas amostras de quatro cultivares brasileiras oriundas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, antes e após o processo de encharcamento; e parboilização. As amostras foram analisadas no Laboratório da Fumacense Alimentos no período de setembro de 2023 a março de 2024. Para o processo de encharcamento foi realizada a variação dos parâmetros de tempo e temperatura; enquanto na etapa de autoclavagem foi realizada a variação dos parâmetros de tempo e pressão. Com os resultados foram feitas análises estatísticas para avaliação da significância das diferenças entre as variações de processo, bem como entre as cultivares. **Resultados:** Como resultados, diversas análises estatísticas de diferentes variáveis de processo indicaram comportamentos distintos entre as cultivares, não havendo padronização entre essa resposta individual das cultivares, logo, as diferenças genéticas e por consequência, físico e químicas, geraram alterações não lineares entre as cultivares, que responderam de forma independente para cada análise realizada. Foram executadas as análises de variância de cada variável de resposta para o conjunto de dados, bem como para as cultivares individualmente, em seguida, construídas as superfícies de contorno e superfícies de resposta, onde foi possível modelar a equação de regressão do comportamento de cada cultivar quanto aos parâmetros de qualidade. Também foi possível observar que a variação na intensidade do processo gerou respostas negativas para algumas variáveis de resposta e positivas para outras. **Considerações finais:** As divergências entre a resposta de cada cultivar aos diferentes padrões analisados indicam que as diferenças entre elas exigem distinto processamento para cada uma das cultivares. Em função disto, o processamento conjunto, pode trazer problemas de qualidade relacionados à falta de padronização e por consequência, menor rendimento industrial.

Palavras-chave: Variedades; padronização; arroz parboilizado.

ABSTRACT

SILVA, Lilian Tiscoski. **Evaluation of different rice cultivars regarding quality indicators during the parboiling process.** 2024, 109 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos). Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, da Universidade do Contestado – UNC, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Lages, (ano).

Contextualization: In Brazil, the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA) regulates and inspects rice intended for human consumption, in accordance with Normative Instruction No. 6 of February 2009. Parboiled rice, which represents more than 25% of consumption in the country and around the world, it is valued for its B vitamins, resistant starch and low glycemic index, which contribute to its nutritional value. However, the production of this rice requires strict process control; Failures in this control can lead to high costs, poor quality of the final product and lack of standardization, affecting its added value and consumer choice. **Objective:** To evaluate the behavior of different rice cultivars regarding quality indicators during the parboiling process. **Methodology:** Samples of four Brazilian cultivars from the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina were analyzed, before and after the soaking process; and parboiling. The samples were analyzed at the Fumacense Alimentos Laboratory from September 2023 to March 2024. For the soaking process, time and temperature parameters were varied; while in parboiling the time and pressure parameters were varied. With the results, statistical analyzes were carried out to evaluate the significance of differences between process variations, as well as between cultivars. **Results:** As a result, several statistical analyzes of different process variables indicated different behaviors between the cultivars, with no standardization between this individual response of the cultivars, therefore, the genetic differences and, consequently, physical and chemical ones, generated non-linear changes between the cultivars, who responded independently for each analysis performed. Analysis of variance was performed for each response variable for the data set, as well as for the cultivars individually, then contour surfaces and response surfaces were constructed, where it was possible to model the regression equation of the behavior of each cultivar. regarding quality parameters. It was also possible to observe that the variation in the intensity of the process generated negative responses for some response variables and positive responses for others. **Final considerations:** The divergences between the response of each cultivar to the different patterns analyzed indicate that the differences between them require different processing for each of the cultivars. As a result, joint processing can bring quality problems related to the lack of standardization and, consequently, lower industrial yield.

Keywords: Varieties; standardization; parboiled rice.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA	9
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo geral	11
1.2.2	Objetivos específicos	11
1.3	JUSTIFICATIVA	11
1.3.1	Inserção social esperada	12
1.4	CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA	13
1.5	ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO	15
2	PANORAMA TEÓRICO	15
2.1	REVISÃO NARRATIVA	15
2.1.1	Arroz	15
2.1.2	Cultivo do arroz no Brasil	16
2.1.3	Melhoramento genético do arroz	17
2.1.4	Análise e Classificação de Arroz	21
2.1.5	Processo de parboilização do arroz	22
2.2	REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	24
2.2.1	Resumo	24
2.2.2	Introdução	25
2.2.3	Metodologia	26
2.2.4	Resultados	27
2.2.5	Conclusão	32
2.3	REVISÃO INTEGRATIVA	33
2.3.1	Resumo	33
2.3.2	Introdução	34
2.3.3	Metodologia	35
2.3.4	Resultados e Discussão	36
2.3.5	Conclusão	47
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	49
3.1	ABORDAGEM, OBJETIVOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE PESQUISA	49
3.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	49
3.2.1	Descrição do local do estudo	50
3.2.2	Amostra e processo de amostragem	50

3.2.3	Etapas da pesquisa	52
3.3	PROCESSO DE COLETA DE DADOS	52
3.3.1	Caracterização Inicial da cultivar (antes da parboilização)	52
3.3.2	Processo de hidratação e autoclavagem	54
3.3.3	Caracterização final da cultivar (após processo de parboilização)	55
3.4	PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS	57
4.2	Testes de hidratação	58
4.3	Testes de autoclavagem	63
4.3.1	Renda	63
4.3.2	Rendimento	66
4.3.3	Grãos Ardidos e Enegrecidos	71
4.3.4	Rajados	76
4.3.5	Danificados	78
4.3.6	Picados ou manchados	82
4.3.7	Barriga Branca	85
4.3.8	Grãos não gelatinizados (GNG)	90
4.3.9	Grau de polimento	95
4.4	APLICABILIDADE DO ESTUDO	100
5	CONCLUSÕES	102
	REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

O arroz foi introduzido no Brasil no período colonial tendo sido mencionado após o ano de 1530, na capitania de São Vicente, alcançando outras regiões do litoral em pequenas lavouras de subsistência, especialmente na região Nordeste. No ano de 1904, em Pelotas-RS, se iniciou a primeira lavoura empresarial irrigada (J. A. Pereira, 2002).

No Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) é responsável pela regulamentação e fiscalização do produto destinado a alimentação humana, conforme regulamento técnico do arroz descrito na Instrução Normativa nº 06 de fevereiro de 2009 (2009), definindo do padrão de identidade e qualidade.

O arroz pode ser consumido na sua forma integral ou polida, passando pelo processo de parboilização ou não, sendo que, o processo de parboilização pode ser explicado como ação de água e calor que provoca migração de material hidrossolúvel para o interior do grão, tornando o grão total ou parcialmente gelatinizado, que o gera maior enriquecimento nutricional (G. Amato et al., 2002).

Representando no Brasil e no mundo mais de 25% do consumo, o arroz parboilizado se destaca devido à presença de vitaminas do complexo B, o amido resistente, e o menor índice glicêmico (G. W. Amato, 2015).

Apesar da importância nutricional, o processo de produção de arroz parboilizado demanda controle de processo que quando negligenciados podem ocasionar custos à indústria; má qualidade de produto final; e falta de padronização do produto acabado, afetando seu valor agregado e impactando na escolha do consumidor.

1.1 PROBLEMA

As condições operacionais de tempo de hidratação e autoclavagem para processamento de arroz parboilizado alteram a distribuição de minerais, proteínas, fibras, amilose e fenóis entre o endosperma amiláceo e as porções externas do grão de maneira diferente para cada componente, sendo que os teores de proteínas e fenóis são os mais afetados por estes parâmetros (Dors et al., 2009).

O processo de parboilização pelo sistema de autoclavagem é realizado por intermédio da adição de calor em condições de temperatura e pressão controladas, com o grão úmido,

havendo a gelatinização parcial ou completa dos grãos, o que possibilita que a estrutura do amido se torne compacta e vítrea. Este processamento permite que os grãos de arroz que haviam fissurado ainda na casca, sejam reaproveitados e o rendimento produtivo seja maior do que o encontrado no arroz branco, devido a isso, é comum que o arroz em casca destinado às empresas de parboilização de arroz possuam menor rendimento inicial (G. Amato et al., 2002).

Apesar dos benefícios no controle de rendimento, o processo de parboilização torna os grãos mais amarelos, principalmente devido a reação de *Maillard**, mas também devido aos processos fermentativos, cuja característica na coloração é indesejável por uma parcela dos consumidores, pois interfere no aspecto e no sabor do grão (Villanova et al., 2017).

Assim, é imprescindível a aplicação de condições adequadas durante o processamento do arroz nas etapas de parboilização, de modo a aumentar o rendimento e a produtividade, além de garantir maior controle do processo e qualidade do produto final.

Deste modo, a utilização de variabilidade genética para o aperfeiçoamento da produtividade e qualidade das lavouras de arroz é indispensável nesta cultura. No estado de Santa Catarina uma cultivar extensamente produzida é o SCS121 CL, sendo também cultivada no Rio Grande do Sul, representando 2% da área total cultivada no estado; e a SCSBRS126, lançado em 2023 após a pareceria entre Epagri e Embrapa, sendo popularmente conhecida como Dueto, sendo desenvolvida para tolerar extremos de temperatura na fase reprodutiva (Epagri, 2023). Já no Rio Grande do Sul, nos últimos anos, a variedade IRGA 424 RI é a mais plantada, representando 54,3% da área cultivada do estado na safra de 2022/2023, enquanto a BRS Pampa CL foi a segunda mais cultivada, com 13,3% da área total de arroz cultivado (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2021; IRGA, 2023; Sosbai, 2018).

As principais características do grão de arroz que afetam seu comportamento no beneficiamento são definidas, essencialmente, pelas propriedades da cultivar utilizada (Bhattacharya & Rao, 1966). Assim, o conhecimento das características da cultivar devem ser levadas em consideração para a padronização do processamento do grão nas indústrias de beneficiamento.

Com isso buscou-se, com esta pesquisa, estudar indicadores de qualidade de arroz de cultivares com extenso cultivo ou com poucos estudos e oriundas do estado de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul durante o processo de hidratação e autoclavagem, a fim de

*Série de reações que acontecem em alimentos após o aquecimento gerando modificações estruturais dos glicosídeos e acoplamentos de peptídeos.

o
de

durante o processo de parboilização:

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento de diferentes cultivares de arroz quanto aos indicadores de qualidade durante o processo de parboilização.

1.2.2 Objetivos específicos

- * Mensurar as características físico-químicas das cultivares antes e após processamento.
- * Avaliar o desempenho de hidratação das diferentes cultivares estudadas quando submetidas a diferentes tempos e temperaturas de hidratação.
- * Testar o desempenho de diferentes cultivares de arroz quando submetidas a diferentes tempos e pressões de autoclavagem.
- * Comparar os indicadores de qualidade do arroz parboilizado das cultivares quando submetidas à diferentes intensidades de parboilização.

1.3 JUSTIFICATIVA

O arroz é um dos cereais mais consumidos e cultivados no mundo e possui importância estratégica para a população mundial. Com produção mundial de aproximadamente 756,5 milhões de toneladas de grãos, é a base alimentar de mais de 3 bilhões de pessoas (Sosbai, 2018).

Segundo Foreign Agricultural Service/USDA (2022), no ano safra de 2022/2023 o Brasil foi responsável por 1,32% da produção mundial de arroz. Sendo que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2022) a produção de arroz em 2021 foi de 135,97 milhões de toneladas, sendo que o estado do Rio Grande do Sul responde com 70,72% do total produzido, seguido pelo estado de Santa Catarina com 10,29% e Tocantins com 6,26%.

Uma das formas de processamento de arroz é por intermédio da parboilização, que consiste na hidratação e aplicação de calor, provocando a gelatinização parcial ou total do amido. Esse processamento melhora a qualidade nutricional do arroz, devido à maior retenção de micronutrientes, bem como, aumenta a renda e rendimento durante o beneficiamento, quando comparado ao arroz branco (G. Amato et al., 2002; Castro et al., 1999).

Diferente de outros cereais tradicionais, que são consumidos após processamento, o arroz é um grão onde o aspecto do produto é avaliado pelo consumidor antes e após seu preparo. Assim, para indústrias de beneficiamento é importante um produto com bom rendimento, possibilitando a qualidade do produto acabado e com atrativo de custo/benefício. Desta forma, a qualidade do grão interfere de forma direta no seu valor de mercado, desde o plantio até a venda do produto final (Castro et al., 1999).

Além das condições de processamento, as diferentes cultivares plantadas podem impactar na qualidade do produto final devido as características físico-químicas dos grãos, como demonstrado nos estudos de Villanova et al. (2020), Newton et al. (2011) e Fonseca (2011) cujas características dos grãos influenciaram nos parâmetros produtivos de processamento.

O processo de parboilização é um processo hidrotérmico, onde, em condições controladas de temperatura e pressão, ocorre a gelatinização do grão, o que possibilita a reestruturação do amido. As características do grão são basicamente definidas pelas propriedades da cultivar plantada, assim, essas particularidades devem ser estudadas para que seja possível a padronização dos processos de parboilização.

1.3.1 Inserção social esperada

A relevância deste cereal na segurança alimentar evidencia a importância social deste

estudo, já que esta pesquisa contribui para garantir a qualidade nutricional e quantidade de alimento ofertado para a população brasileira.

Figura 1

Objetivos para o desenvolvimento sustentável segundo a agenda 2030 das Nações Unidas.



Fonte: ONU(2022).

Desta forma, este estudo possui relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (2022), Figura 1, dentre eles, o objetivo 2 - Fome zero e agricultura sustentável, uma vez que colabora para o maior rendimento produtivo no beneficiamento do arroz cultivado, bem como, com o objetivo 3 – Saúde e bem estar, contribuindo com a produção de produtos com qualidade nutricional, diretamente relacionado a saúde dos consumidores; e com o objetivo 9 – Indústria, inovação e infraestrutura, pois colabora com o aumento da eficiência das fábricas e colabora com o uso de diferentes cultivares no processo de parboilização.

1.4 CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA

A interdisciplinaridade é uma necessidade natural e inerente à ciência e visa uma melhor compreensão da realidade, uma vez que, permite a visualização e análise de determinado fenômeno utilizando uma abordagem que interliga diferentes áreas do conhecimento (Fazenda, 1994) .

Desta forma, esta pesquisa busca realizar a partir de uma abordagem interdisciplinar, aderente ao proposto pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos, uma pesquisa que relacione as áreas do conhecimento em ciências agrárias; saúde devido ao impacto à segurança alimentar; e a gestão da produção e processos (Figura 2).

Figura 2

Esquema de conexão entre as áreas do conhecimento representando a interdisciplinaridade proposta nesta pesquisa.



Na esfera das ciências agrárias, este estudo busca compreender as cultivares, suas características e o seu comportamento físico e biológico ao longo da cadeia produtiva que podem impactar diretamente no processamento industrial, na agregação de valor e qualidade do produto, o que reflete diretamente no consumidor final. Em relação à gestão da produção e processos, envolve os parâmetros de processamento e a forma de controle da qualidade do processo de produção, com busca no produto padronizado, a fim de gerar informações que podem ser decisivas em processos de compra, armazenamento e processamento deste cereal, impactando assim, na segurança alimentar, e consequentemente na saúde.

A união dessas áreas, permite a visualização e entendimento de como uma etapa disciplinar, pode afetar outra, e sem a devida compreensão não é possível avaliar de forma clara e objetiva a forma como a falta de informação pode afetar a cadeia de processamento e a qualidade e a distribuição deste alimento e consequentemente a segurança nutricional e

alimentar.

Além da interdisciplinaridade, o estudo está em consonância com o Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos quanto a linha de Gestão e Conhecimento em Sistemas Produtivos, uma vez que, objetiva entender a reação de cultivares de arroz aplicadas ao processo produtivo de parboilização, colaborando para a gestão de processos e produção da indústria de processamento de arroz.

1.5 ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO

Este trabalho está estruturado em seções apresentando o panorama teórico, metodologia, resultados e discussões e considerações finais.

2 PANORAMA TEÓRICO

De acordo com o IBGE (2022) a produção de arroz no Brasil em 2021 foi de 135,97 milhões de toneladas. Sendo que o país é o décimo primeiro maior produtor do mundo, respondendo com 1,4% do total de 494.218 mil toneladas métricas conforme os dados da FAO (2020).

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz no Brasil, representando 70,7% da produção total brasileira em 2021, em seguida está Santa Catarina com 10,3%. No estado gaúcho, o arroz é cultivado em 129 municípios em sua maioria no sul do estado, já em Santa Catarina o grão é cultivado em 83 municípios, sendo os maiores produtores a região do Litoral Sul e Médio/Baixo Vale do Itajaí, com 87,1% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2022; Sosbai, 2018).

O rendimento na cultura do arroz é influenciado por fatores genéticos da cultivar, ambiente de cultivo e processamento (Jongkaewwattana & Geng, 2001). Deste modo, o referencial teórico deste trabalho será apresentado a partir de dois artigos, sendo eles uma revisão bibliométrica e uma revisão integrativa acerca do tema estudado nesta pesquisa, além de uma revisão narrativa que aborda sobre a caracterização das principais cultivares de arroz atualmente utilizadas em Santa Catarina e Rio Grande do Sul e sobre o processo de classificação do grão.

2.1 REVISÃO NARRATIVA

2.1.1 Arroz

Avaliando sua composição, dependendo da variedade, práticas culturais, localização geográfica, estação do ano e temperatura, a casca representa de 15 a 30% do peso do grão (Dors et al., 2009).

O pericarpo (farelo) do grão de arroz, que representa 5 a 7% do peso do grão, é formado pelas camadas que envolvem o endosperma amiláceo. A parte externa do grão é a aleurona, sendo que o número de camadas de aleurona varia dependendo da origem do grão, variedade e fatores ambientais. (Dors et al., 2009).

A parte interna do grão, é formado por amido, um polissacarídeo composto por moléculas de glicose, cuja disposição nas cadeias define suas propriedades. Quando a cadeia é linear, forma-se a amilose, e quando é ramificada, forma-se a amilopectina. A quantidade

de amilose está relacionada às características texturais do arroz, como maciez, coesão, cor, brilho e volume de expansão, influenciando a qualidade culinária durante o processo de cocção (Ferreira et al., 2005).

Dentre as propriedades do arroz, destaca-se a Temperatura de Gelatinização (TG), que é a temperatura onde 90% dos grânulos de amido se gelatinizam de forma irreversível, variando de 55-80°C. Temperaturas mais baixas (63 a 68°C) e intermediárias (69 a 73°C) exigem menos tempo e água, enquanto temperaturas mais altas (74 a 80°C) estão associadas a um baixo teor de amilose, o que faz os grãos precisarem de mais água e tempo para cozinhar (Ferreira et al., 2005).

2.1.2 Cultivo do arroz no Brasil

O arroz é indispensável na alimentação de aproximadamente 50% da população mundial e o segundo cereal mais cultivado (Freitas, 2021). Em 2022 a produção de bens e serviços pelo setor de agronegócio no Brasil alcançou R\$2,60 trilhões equivalendo a cerca de 25% do PIB do país, tornando o setor fundamental no desenvolvimento econômico brasileiro (Lhamby et al., 2024).

Do total de arroz consumido no Brasil, aproximadamente 25% são de arroz parboilizado polido, devido à melhor qualidade nutricional e ao comportamento de cocção desejado por parte da população (Paraginski et al., 2014).

2.1.3 Melhoramento genético do arroz

O melhoramento genético garante a viabilidade produtiva das culturas, permitindo o aumento da eficiência e qualidade, e assim, desenvolve cultivares adaptadas à cada região (Souza et al., 2007).

A ação humana na domesticação de plantas levou a mudanças genéticas e fenotípicas significativas ao longo de milênios na agricultura tradicional, essas mudanças, sejam intencionais ou não, enriqueceram a diversidade genética e adaptaram as plantas às necessidades humanas. Embora a biotecnologia tenha acelerado o melhoramento das variedades, o aumento genético ainda requer a avaliação de um grande número de plantas resultantes de múltiplos cruzamentos, o que implica em investimentos técnicos, científicos e

financeiros nos procedimentos relativos ao manejo de sementes, do plantio e colheita (Breseghello & Coelho, 2013).

Em Santa Catarina, a Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina realiza estudos sobre o melhoramento genético do arroz com base nas condições de clima e solo específicos do estado de Santa Catarina. Deste modo, o objetivo do melhoramento genético de arroz irrigado da Epagri é desenvolver variedades de arroz com grãos longos e finos de alta qualidade, resistência a doenças, alta produtividade e características agronômicas superiores, adaptadas ao sistema de pré-germinação (Marschalek et al., 2008).

Com base nisso, algumas cultivares foram desenvolvidas pela Epagri para atender a estes requisitos. Algumas estão descritas a seguir.

2.1.3.1 Cultivar SCS121 CL

Conforme o informativo técnico da Epagri (2016) a cultivar SCS121 CL foi registrada em 2015 e obtida a partir do cruzamento entre a cultivar Epagri 108 e a linhagem PCW 16, esta última, que possui o gene de resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, por isso as letras CL em sua nomenclatura, indicando o sistema de produção Clearfield® de arroz irrigado, e permitindo resistência a plantas daninhas.

A cultivar apresenta uma proporção favorável entre comprimento e largura, juntamente com o conteúdo apropriado de amilose e a temperatura adequada para o processo industrial de parboilização e cozimento, o que resulta em um desempenho satisfatório (Schicocchet et al., 2016). Estas e demais informações da cultivar estão descritas na Figura 3.

Figura 3

Quadro de características físicas, químicas, genéticas e biológicas da cultivar SCS121 CL

Característica	Resultado
Produtividade média (t. ha ⁻¹)	8,6
Ciclo biológico	Tardio
Reação à toxidade indireta por ferro	Resistente
Reação à brusone	Médio/Resistente
Reação à mancha-parda	Médio/Resistente

Característica	Resultado
Maturação	Uniforme
Acamamento	Resistente
Classe	Longo fino
Peso de 1000 grãos com casca (g)	29,9
Comprimento do grão polido (mm)	7,31
Largura do grão polido (mm)	2,2
Espessura do grão polido (mm)	2,2
Relação comprimento e largura	3,32
Teor de amilose (%)	28 (alto)
Temperatura de gelatinização	Intermediária
Centro branco (0 a 5)	2

Fonte: (Schiocchet et al., 2016).

2.1.3.2 Cultivar SCSBRS126 Dueto

A cultivar SCSBRS126 Dueto foi criada como resultado da colaboração entre o Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Epagri e a Embrapa, consistindo no resultado do cruzamento entre a cultivar IRGA 424 e BRS Pampa, sendo tolerante a variações de temperatura, tanto baixas (15-17°C) quanto altas (até 38°C), especificamente na fase reprodutiva (Marschalek et al., 2023).

Em testes de aplicação industrial, demonstrou um desempenho sensorial e culinário de alta qualidade no que diz respeito ao arroz branco, sendo considerado apropriada para o processo de parboilização (Marschalek et al., 2023). A Figura 4 apresenta as informações da cultivar.

Figura 4

Quadro de características físicas, químicas, biológicas e genéticas da cultivar SCSBRS126

Característica	Resultado
Produtividade média (t. ha ⁻¹)	10,29
Ciclo biológico	Tardio
Reação à toxidez indireta por ferro	Médio-suscetível (Nota 5,7)
Reação à brusone	Médio/Resistente

Característica	Resultado
Reação à mancha-parda	Médio/Suscetível
Acamamento	Suscetível
Classe	Longo fino
Peso de 1000 grãos com casca (g)	27,3-27,7
Comprimento do grão polido (mm)	7,09-7,14
Largura do grão polido (mm)	1,92-1,99
Espessura do grão polido (mm)	1,67-1,73
Relação comprimento e largura	3,5-3,7
Teor de amilose (%)	24,28 (médio)
Temperatura de gelatinização	Baixa
Centro branco (0 a 5)	2

Fonte: (Epagri, 2023).

2.1.3.3 Cultivar BRS Pampa CL

Obtida a partir do método de retrocruzamento, utilizando a 'BRS Pampa' como planta recorrente e a 'PUITÁ INTA-CL' como doadora do gene de tolerância ao herbicida Kifix®, do grupo químico das imidazolinonas, a cultivar BRS Pampa CL mantém os mesmos padrões agrônômicos da variedade BRS Pampa em termos de ciclo de maturação precoce, resistência ao acamamento e a doenças (Hideo et al., 2019).

A recomendação da cultivar BRS Pampa CL, caracterizada por seu ciclo precoce, alto potencial de produção, excelentes características de qualidade de grãos para indústria e consumo, juntamente com sua resistência aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, a torna uma escolha altamente vantajosa para as lavouras no estado do Rio Grande do Sul (Hideo et al., 2019). A Figura 5 destaca algumas características da cultivar.

Figura 5

Quadro de características físicas, químicas, biológicas e genéticas da cultivar BRS Pampa CL

Característica	Resultado
Produtividade média (t. ha ⁻¹)	10,2
Ciclo biológico	Precoce
Reação à toxidez indireta por ferro	Moderadamente resistente

Reação à brusone	Moderadamente resistente
Acamamento	Moderadamente resistente
Classe	Longo fino
Comprimento do grão polido (mm)	7,16
Largura do grão polido (mm)	2,00
Espessura do grão polido (mm)	1,74
Relação comprimento e largura	3,58
Teor de amilose (%)	Alta
Temperatura de gelatinização	Baixa

Fonte: (Hideo et al., 2019).

2.1.3.4 Cultivar IRGA 424 RI

Em 2008, na Estação Experimental do Arroz em Cachoeirinha, RS, a cultivar IRGA 424 RI foi desenvolvida a partir do recruzamento, no qual a linhagem PCW16 doou o gene de tolerância ao herbicida do grupo químico das imidazolinonas, recomendado para controle de arroz vermelho, e a cultivar IRGA 424 foi utilizada como genitor recorrente (Cristina et al., 2008). A Figura 6 demonstra as características deste cultivar.

Figura 6

Quadro de características físicas, químicas, biológicas e genéticas da cultivar IRGA 424 RI

Característica	Resultado
Produtividade média (t. ha ⁻¹)	10,5
Ciclo biológico	Médio
Reação à toxidez indireta por ferro	Resistente
Reação à brusone	Resistente
Acamamento	Resistente
Classe	Longo fino
Comprimento do grão polido (mm)	6,52
Largura do grão polido (mm)	1,91
Espessura do grão polido (mm)	1,60
Relação comprimento e largura	3,41
Teor de amilose (%)	Alta
Temperatura de gelatinização	Baixa

Fonte: Adaptado de Cristina et al. (2008).

2.1.4 Análise e Classificação de Arroz

A classificação vegetal é uma maneira para avaliação da qualidade de um determinado produto vegetal, regida pela Lei Nº 9.972, de 25 de maio de 2000 e regulamentada pelo Decreto 6.268/007 Lei da Classificação Vegetal, estabelecendo parâmetros para diferenciação de qualidade, identidade e valor financeiro e impedindo a comercialização de produtos impróprios para consumo humano (Compêndio Qualidade Vegetal - Anexo Da Norma Interna DIPOV Nº 02/2019, 2022).

Para o arroz, o Padrão Oficial de Classificação estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária é regulado pela Instrução Normativa Nº 06 (2009), onde estão descritos os processos de classificação oficial, padrões de identidade e qualidade e marcações de rotulagem.

Dentre os padrões de identidade, destaca-se a classificação em grupos, subgrupos, classes e tipos regida pela IN 06/2009, onde o arroz é classificado em grupos quanto a forma de apresentação; em subgrupos quanto ao processo de beneficiamento; classes quanto às dimensões dos grãos; e tipos de acordo com a sua qualidade. No regulamento técnico, estão descritos os defeitos considerados para a definição dos tipos, sendo que os utilizados no Anexo II – Limites máximos de tolerância para Arroz em casca Natural e o Anexo V – Limites máximos de tolerância para Arroz Beneficiado Parboilizado Polido estão apresentados na Figura 7 (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009).

Figura 7

Quadro de definições dos defeitos de classificação de arroz, conforme IN MAPA Nº 06/2009.

Defeito	Descrição conforme IN 06/2009 MAPA
Matérias estranhas	Os corpos ou detritos de qualquer natureza estranhos ao produto, a exemplo dos grãos ou sementes de outras espécies vegetais, sujidades e insetos mortos; no arroz com premix, os grãos ou grânulos com nutrientes não serão considerados matérias estranhas.
Impurezas	Os detritos do próprio produto, a exemplo da casca do arroz (aberta), dos grãos chochos e dos pedaços de caule.
Quebrados	O pedaço de grão de arroz descascado e polido que apresentar comprimento inferior às $\frac{3}{4}$ (três quart1s) partes do comprimento mínimo da classe que predomina e que ficar retido na peneira de furos circulares de 1,60 mm (um vírgula sessenta milímetros) de diâmetro.
Quirera	O fragmento de arroz que vazar na peneira de furos circulares de 1,60 mm (um vírgula sessenta milímetros) de diâmetro.

Marinheiro	O grão que conserva a casca após seu beneficiamento, correspondendo ao arroz em casca, encontrado no arroz beneficiado.
Grãos mofados	Os grãos descascados ou descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam no todo, ou em parte, fungo (bolor), visível a olho nu.
Grãos ardidos	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam no todo, ou em parte, coloração escura proveniente do processo de fermentação.
Grãos picados	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam perfurações de insetos ou outros agentes, visíveis a olho nu.
Grãos manchados	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam mancha escura, ou esbranquiçada, visíveis a olho nu.
Grãos gessados	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso.
Grão verde	O grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que não está fisiologicamente desenvolvido e que apresenta coloração esverdeada.
Grãos rajados	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam estria vermelha.
Grãos amarelos	Os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados, que apresentam coloração amarela.
Grãos enegrecidos	O grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que se apresentar totalmente enegrecido por ação excessiva de calor e umidade.
Grão Danificado	O grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que pelo processo de imersão ou secagem apresenta ruptura no sentido longitudinal, bem como, o grão que estoura (pipoca).
Grão Não Gelatinizado	O grão inteiro ou quebrado que não apresenta gelatinização do amido, devido a parboilização deficiente, mostrando-se totalmente " opaco" sob a luz polarizada.
Grão Não Parboilizado	O arroz descascado e polido, inteiro ou quebrado que não sofreu o processo de parboilização, correspondendo, portanto, ao arroz beneficiado polido.

Fonte: (Instrução Normativa MAPA N° 06, 2009)

2.1.5 Processo de parboilização do arroz

A parboilização é um processo que envolve hidratação, autoclavagem e secagem dos grãos, promovendo mudanças em sua estrutura, isso não apenas prolonga o tempo seguro para a conservação dos grãos, mas também diminui a vulnerabilidade a infestações de insetos e aumenta o rendimento industrial, tornando os grãos mais resistentes à quebra; após a parboilização, o produto segue para o descasque, separação de marinheiros, o brunimento, o polimento e a seleção, para conclusão do processo de produção, representado na Figura 8 (Ali & Pandya, 1974; G. Amato et al., 2002).

Figura 8

Fluxograma do processo produtivo de beneficiamento de arroz parboilizado, destacando o produto arroz parboilizado integral e arroz parboilizado polido.



Fonte: (ABIARROZ, 2024).

A água utilizada no processo durante a etapa de encharcamento penetra no interior do grão, transportando compostos solúveis em água e criando um ambiente propício para a gelatinização do amido, que se dará durante o cozimento que pode ocorrer via autoclavagem. Após a secagem, o grão de arroz adquire maior resistência às tensões geradas durante o beneficiamento, o que resulta em um aumento na quantidade de grãos inteiros (G. Amato et al., 2002; Bhattacharya & Rao, 1966; Martínez & Cuevas, 1989).

No que diz respeito à parboilização, existe uma alteração na coloração dos grãos, sendo que as razões para a variação de cor são diversas, entre elas, podemos destacar algumas interações entre os fatores envolvidos no encharcamento, como o uso de água turva que pode contribuir para a abertura da casca do grão; além da coloração da casca de determinadas variedades de arroz; relação de tempo de imersão; e à temperatura aplicada durante essa operação (G. Amato et al., 2002; G. W. Amato, 2015).

Durante a produção industrial do arroz, é fundamental considerar a importância econômica da quebra de grãos e dos defeitos presentes (Paraginski et al., 2014). No mercado, os produtos com maior percentual de grãos inteiros e menor incidência de defeitos

são mais bem vistos do que aqueles com muitos grãos quebrados e defeituosos (Vieira, 2004).

2.2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE ESTUDOS DE CONDIÇÕES DE PARBOILIZAÇÃO PARA DIFERENTES CULTIVARES DE ARROZ NO BRASIL

Lilian Tiscoski da Silva^{1*}, Kristian Madeira², Lenita Agostinetto³

¹Engenheira Química, Mestranda (Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Criciúma, Santa Catarina, Brasil).

² Licenciado em Ciências e Matemática, Doutor em Ciências da Saúde (Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Criciúma, Santa Catarina, Brasil).

³ Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal (Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Lages, Santa Catarina, Brasil e docente e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde, UNIPLAC, Lages, SC).

2.2.1 Resumo

O método de parboilização é um processo hidrotérmico onde o grão absorve água e em seguida calor é adicionado a ele, para que ocorra a gelatinização do amido. Este processo pode ser realizado com diferentes variáveis de processo, sendo possível a alteração de tempo, pressão e temperatura, por exemplo. Devido às diferentes características climáticas, períodos de colheita e a evolução dos estudos genéticos, diferentes cultivares são lançadas e estas, possuem características diferentes. Assim, este trabalho busca pesquisar por meio de um estudo bibliométrico a produção científica relacionada à aplicação do processo de parboilização, ou hidratação com esta finalidade, em cultivares de arroz no Brasil. Durante a pesquisa, chegou-se ao número de 16 artigos com relação ao tema, e dentre os resultados encontrados, destaca-se o estado de SC como o estado com mais pesquisas científicas

publicadas sobre o tema; as cultivares mais estudadas foram BRS Primavera, BRS Sertaneja e BR-IRGA 409; os anos com mais publicações foram 2011 e 2020; e o autor com mais publicações foi José Alberto Noldin, totalizando cinco dos estudos encontrados.

Palavras-chave: arroz parboilizado, hidratação, produção científica.

2.2.2 Introdução

A parboilização torna o arroz mais resistente para as etapas de descasque e polimento, devido ao processo hidrotérmico onde ocorre a alteração do amido transitando do estado cristalino para amorfo, promovendo um ganho no rendimento de grãos inteiros (Mir et al., 2015).

O processo de parboilização pelo sistema de autoclavagem é realizado por intermédio da adição de calor em condições de temperatura e pressão controladas, com o grão úmido, havendo a gelatinização parcial ou completa dos grãos, o que possibilita que a estrutura química do amido se torne compacta e vítrea. Este processamento permite que os grãos de arroz que haviam quebrado ainda em casca, sejam novamente reaproveitados e o rendimento produtivo seja maior do que o encontrado no arroz branco. Devido a isso, é comum que o arroz com casca destinado às empresas de parboilização de arroz possuam menor rendimento no grão com casca (G. Amato et al., 2002).

Apesar dos benefícios no controle de rendimento, o processo de parboilização torna os grãos mais amarelos, principalmente devido a reação de Maillard, mas também devido aos processos fermentativos, cuja característica na coloração é indesejável pelos consumidores pois interfere no aspecto e no sabor do grão (Villanova et al., 2017).

Assim, é imprescindível a aplicação de condições adequadas para o processamento do arroz de modo que não afetem o rendimento de forma negativa ou a avaliação sensorial pelos consumidores.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação bibliométrica das pesquisas científicas realizadas no Brasil relacionadas à aplicação do processo de hidratação ou autoclavagem em cultivares de arroz.

2.2.3 Metodologia

A presente pesquisa é de natureza quantitativa e utilizou-se o método bibliométrico com o objetivo de sistematizar as pesquisas do campo investigado. Considera-se pesquisas quantitativas o que pode ser quantificável e requer o uso de técnicas estatísticas, já a bibliometria precisa de uma etapa de análise quantitativa e permite analisar e avaliar os processos relacionados à atividade científica (Frota & Ribeiro, 2015; Zambello et al., 2018).

A plataforma de dados utilizada foi o Science Direct, Web of Science e Scielo utilizando filtros avançados. Para a busca das produções foram utilizados descritores na língua inglesa (língua universal), para que os resultados não fossem limitados apenas aos estudos publicados no Brasil.

A busca ocorreu entre os dias 25 e 26 de junho de 2022 e a avaliação dos dados foi realizada entre os dias 01 e 09 de julho de 2022. Para a busca utilizou-se os descritores (Cultivar OR Varieties) AND (Parboiled rice) AND (Soaking OR Parboiling) AND (Brasil OR Brazil) os quais foram definidos de acordo com o objetivo da pesquisa, os detalhes para a busca na base de dados estão descritos no Tabela 1.

Tabela 1

Forma de utilização dos descritores na plataforma de pesquisa.

Operadores booleanos usados	Descritor
AND	Cultivar OR Varieties
AND	Parboiled rice
AND	Soaking OR parboiling
AND	Brasil OR Brazil

Não foram utilizados recursos de filtros com delimitação temporal, porém, aplicou-se o filtro de tipo para “Research articles” para a definição do tipo de artigo pesquisado.

Após a realização da pesquisa e filtros da ferramenta, os textos foram organizados em tabela utilizando o Microsoft Office Excel 2016 e seus textos foram acessados de forma integral. Apenas os documentos disponíveis na íntegra foram tabulados.

Para avaliação inicial dos temas encontrados na pesquisa, foi realizada a leitura dos títulos, onde os que não se enquadraram com o objetivo foram excluídos; em seguida, foi

realizada a leitura do resumo e excluídos os que não se enquadraram com o tema; por fim, foi realizada a leitura na íntegra os trabalhos que atenderam o objetivo da pesquisa e possuíam temática relacionada ao tema buscado. À medida que as leituras ocorreram, a tabela do Excel foi atualizada quanto à coerência com a pesquisa; sendo que os artigos de revisão também foram excluídos.

As publicações foram classificadas quanto a cultivar estudada; palavras-chave utilizadas; autores; países; revistas; e fator de impacto da revista.

Para avaliação da revista onde as publicações ocorreram, utilizou-se o Fator de Impacto utilizando a Plataforma do Clarivate - Journal Citation Reports, onde as revistas foram pesquisadas e o fator de impacto registrado em tabela.

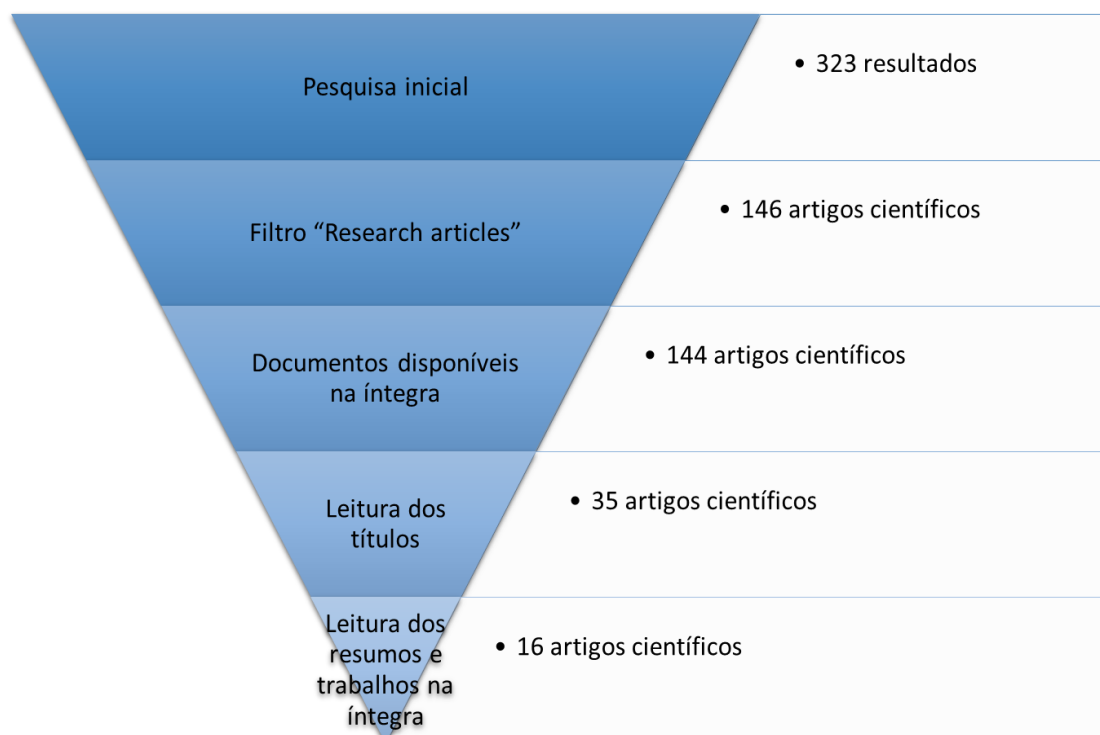
2.2.4 Resultados

A primeira pesquisa nas plataformas retornou 323 resultados, sendo 301 na Science Direct; 21 na Web of Science; e 1 na Scielo. Utilizando o filtro de “Research articles” permitido na Science Direct, permaneceram 146 artigos no total.

Destes, 2 foram excluídos devido a não estarem disponíveis na íntegra. Além disso, 111 artigos foram removidos devido ao título remeter a assuntos diferentes dos objetivos da pesquisa. Em seguida, foi realizada a leitura dos resumos dos artigos, com objetivo de verificar se realmente o objetivo das pesquisas estavam alinhados com os buscados, deste último filtro, resultaram 16 artigos que foram tabelados e lidos na íntegra. A Figura 9 representa os filtros e processos utilizados durante o processo de seleção dos artigos.

Figura 9

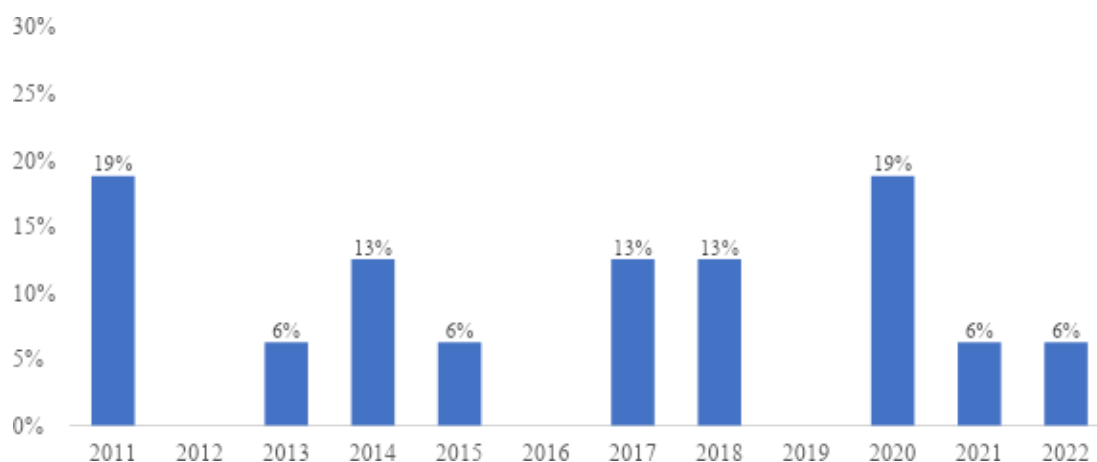
Processo de seleção e análise preliminar dos artigos científicos pesquisados.



Para avaliação temporal das publicações, representado na Figura 10, contabilizou-se as publicações a partir dos anos, sendo as mais antigas de 2011 e a mais recente em 2022. Durante os anos de 2012, 2016 e 2019 não houve publicações relacionadas ao tema, nas plataformas utilizadas.

Figura 10

Publicações de artigos científicos relacionados à pesquisa sobre aplicação de processo de hidratação ou autoclavagem em cultivares de arroz em casca ao longo dos anos.

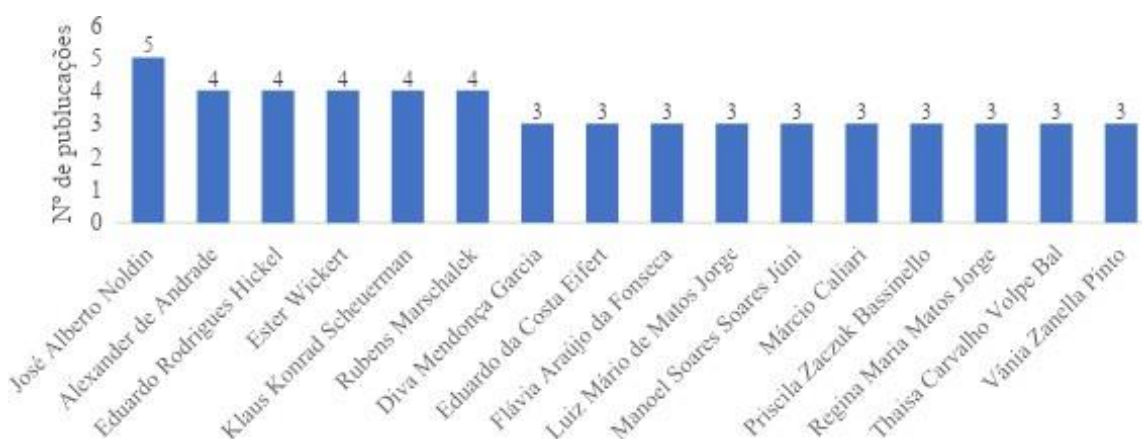


A maioria dos autores possui apenas uma ou duas publicações relacionadas à

pesquisa, representando 51,8%. Os autores com três, quatro e cinco publicações estão elencados na Figura 11, onde destaca-se José Alberto Noldin, com cinco publicações.

Figura 11

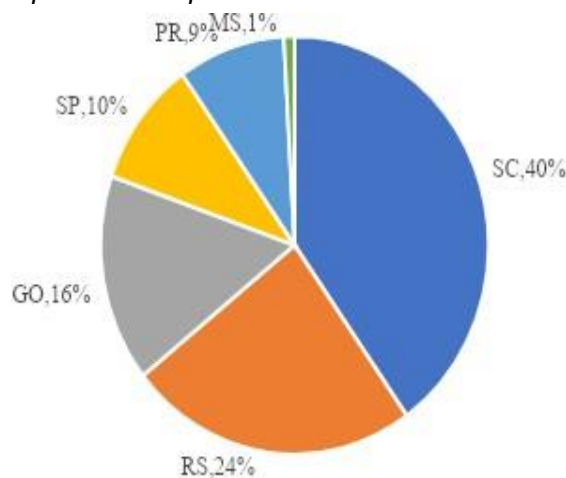
Número de publicações por autores nos trabalhos pesquisados relativos à temática aplicação de processo de hidratação ou autoclavagem em cultivares de arroz em casca.



Devido a delimitação geográfica utilizada nas palavras-chave da busca, relacionadas ao Brasil, realizou-se a avaliação dos estados brasileiros que realizaram as pesquisas, onde destaca-se o estado de Santa Catarina com 40% das produções científicas; Rio Grande do Sul com 24% e Goiás com 16%, além disso, 7% dos pesquisadores possuíam vínculos com instituições do exterior, nos Estados Unidos e Inglaterra (Figura 12).

Figura 12

Percentual de publicações por autores por estado brasileiro nos trabalhos pesquisados

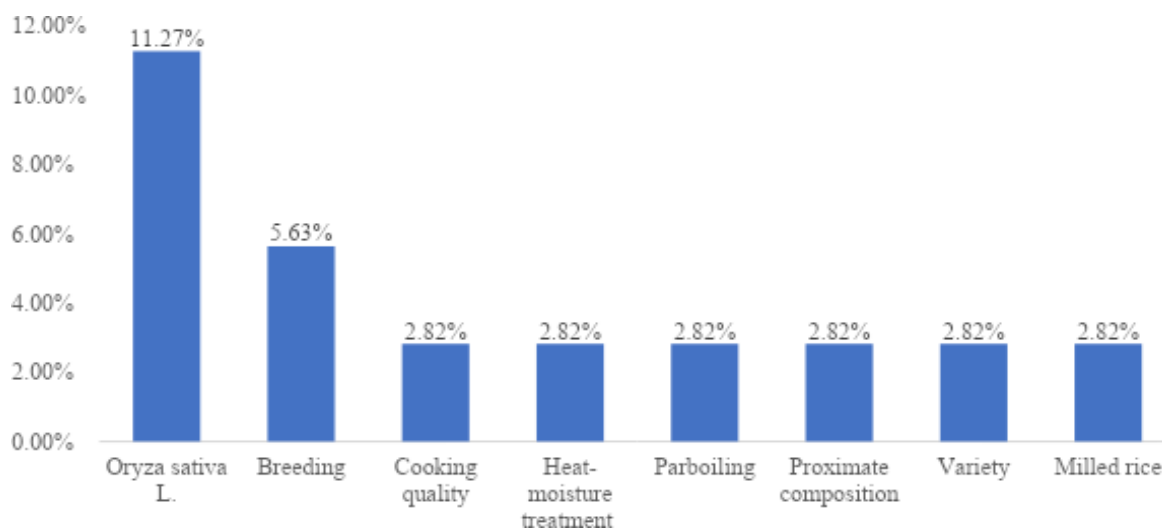


Para avaliação dos temas estudados, foi realizado o levantamento das palavras-chave,

destacadas na Figura 13 as de maior representatividade, cuja palavra mais utilizada foi *Oryza Sativa*, nome científico do cereal arroz e suas subespécies.

Figura 13

Palavras-chave utilizadas nos artigos científicos pesquisados sobre a temática.



*Por considerar-se a mesma espécie, a palavra-chave “Oryza sativa” foram agrupados no mesmo que termo que “Oryza sativa L.”.

A Tabela 2 representa as variedades estudadas nas pesquisas, sendo que 4 delas se destacam BRS Primavera; e BRS Sertaneja; e BR-IRGA 409.

Tabela 2

Cultivares de arroz estudadas nos artigos científicos utilizados na pesquisa bibliométrica.

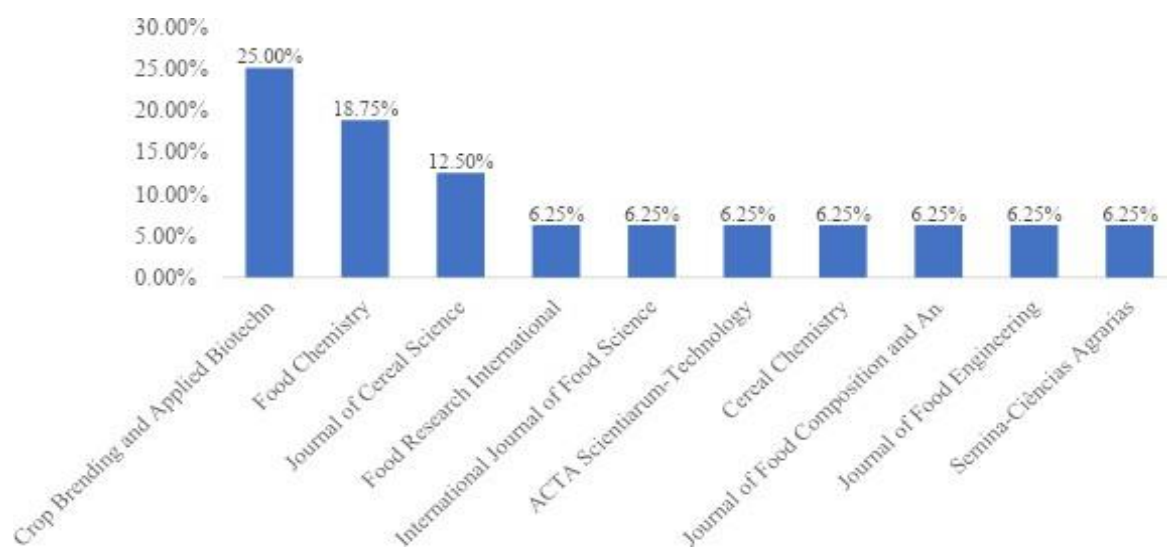
Cultivar	Número de Pesquisas	Cultivar	Número de Pesquisas
BRS Primavera	3	IAC-600	1
BRS Sertaneja	3	Inov CL	1
BR-IRGA 409	3	IR665-2-31-4	1
IR930-2	2	IRGA 417	1
AB10572	1	Irga 424 RI	1
AB11551	1	IRGA-424	1
AB12597 BRS Pampa	1	Lexus CL	1
AB12625	1	MPB-10	1
AB12683	1	Puita Inta CL	1

Cultivar	Número de Pesquisas	Cultivar	Número de Pesquisas
AB13002	1	SCS114 Andosam	1
AB13008	1	SCS117CL	1
AB13012	1	SCS118 Marques	1
Avaxi CL	1	SCS122 Miura	1
IR665-31-2-4	1	SCS124 Sardo	1
Epagri 109	1	SCS125	1
GURI INTA CL	2	SCSBRS Tio Taka	1
H7CL	1	Titan CL	1
Total Geral		42	

Avaliando as revistas científicas onde os artigos foram publicados, destacam-se três: Crop Breeding and Applied Biotechnology; Food Chemistry; e Journal of Cereal Science. A Figura 14 representa as revistas onde os artigos selecionados na pesquisa foram publicados e o percentual de artigos publicados em cada uma.

Figura 14

Percentual de publicações dos artigos estudados em diferentes revistas científicas.

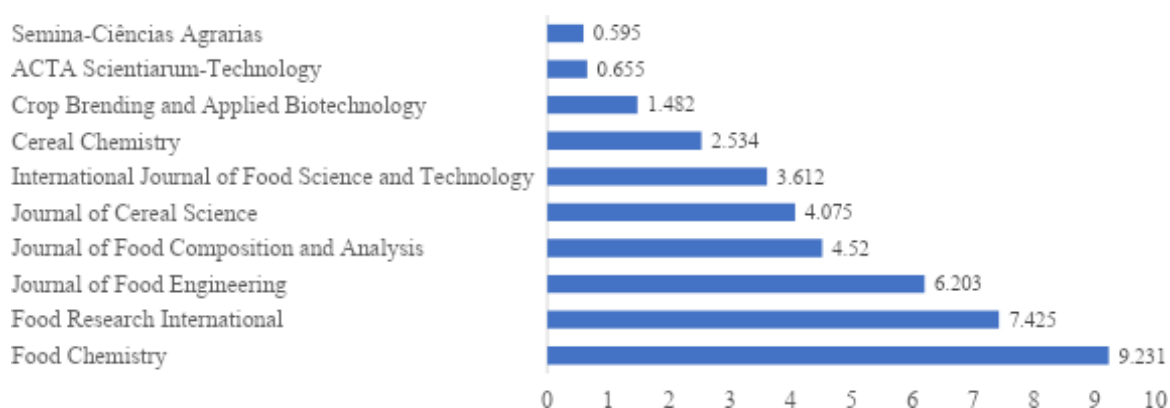


As plataformas onde as revistas disponibilizam os artigos na íntegra foram a Science Direct com 50% das publicações e a Web of Science, também com 50%.

O Fator de Impacto foi avaliado na plataforma do Journal Citation Reports, demonstrado na Figura 15.

Figura 15

Fator de impacto atribuído pelo Journal Citation Reports (JCR) das revistas científicas onde os artigos científicos estudados foram publicados.



2.2.5 Conclusão

O estudo permitiu verificar quantas pesquisas relacionadas a caracterização de cultivares foram realizadas no Brasil, relacionadas à aplicação do processo de hidratação e autoclavagem.

Dentre as informações encontradas, está a localização onde os estudos foram realizados, sendo que Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás se destacam entre os estados com mais publicações. Além disso, foi possível verificar que houve mais estudos com as cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja, BR-IRGA 409 e IR930-2.

Na avaliação dos autores, José Alberto Noldin se destaca como o autor com mais publicações, já a revista com mais publicações do tema é a Crop Breeding and Applied Biotechnology, porém e a revista com maior fator de impacto dentre as que publicaram artigos relacionados à pesquisa, está a Food Chemistry.

2.3 REVISÃO INTEGRATIVA

PROPRIEDADES TÉRMICAS E PARÂMETROS DE PARBOILIZAÇÃO PARA CULTIVARES DE ARROZ NO BRASIL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Lilian Tiscoski da Silva^{1*}, Kristian Madeira², Lenita Agostinetto³

¹Engenheira Química, Mestranda (Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Criciúma, Santa Catarina, Brasil).

² Licenciado em Ciências e Matemática, Doutor em Ciências da Saúde (Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Criciúma, Santa Catarina, Brasil).

³ Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal (Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos de forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Lages, Santa Catarina, Brasil e docente e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde, UNIPLAC, Lages, SC).

2.3.1 Resumo

A parboilização é uma forma de processamento de arroz, utilizando processo hidrotérmico onde o grão é hidratado e em seguida calor é aplicado a ele, ocorrendo a gelatinização parcial ou total do amido. Diferentes estudos relacionados as características físico-químicas dos grãos que possam interferir no processo e parametrização da parboilização foram realizados e devido a isso, este trabalho busca realizar uma revisão integrativa de estudos relacionados às definições de propriedades térmicas, características de processo de hidratação ou autoclavagem em diferentes cultivares de arroz plantadas no Brasil. Foram utilizadas três bases de dados, Web of Science, Science Direct e Scielo com os descritores (Cultivar OR Varieties) AND e (Parboiled rice) AND (Soaking OR Parboiling) AND (Brasil OR Brazil) resultando em 323 resultados que foram filtrados de acordo com os objetivos deste trabalho, resultando 8 artigos científicos, que foram tabelados e discutidos. Foram os parâmetros de processo estudados ou informados com as características das cultivares, possibilitando a melhor compreensão da influência das características da cultivar e a forma como elas estão relacionadas com as aplicações industriais.

Palavras-chave: arroz parboilizado, cultivares de arroz, *Oryza sativa*.

2.3.2 Introdução

O arroz parboilizado, que representa de 20 a 25% do consumo mundial, ao compararmos com o arroz beneficiado polido, proporciona maior concentração de vitaminas do complexo B, fibras e amido resistente, características benéficas à saúde do consumidor (Juliano, 1985; Polidoro, 2018; Walter et al., 2005).

A parboilização por autoclavagem é realizada através da adição de calor em condições de temperatura e pressão especificadas, após a umidificação do grão ainda em casca, havendo a gelatinização, o que permite que a estrutura química do amido se torne compacta e vítrea (G. Amato et al., 2002).

Conforme Elias et al. (2015) a pressão de autoclavagem varia de 0,5 a 1,2 Kgf/cm², pelo tempo de 10 a 30 min, sendo realizada logo após o encharcamento. Durante a etapa de autoclavagem ocorre a gelatinização parcial ou total do amido, onde os grânulos de amido que se organizam em estruturas semicristalinas durante seu crescimento nas plantas, perdem a cristalinidade de forma irreversível (G. Amato et al., 2002).

Este processamento faz com que os grãos de arroz que haviam quebrado dentro da casca, sejam novamente reaproveitados e o rendimento de inteiros seja maior do que o encontrado no arroz branco. Por isso, é corriqueiro que o arroz com casca fornecido às empresas de parboilização de arroz possuem menor rendimento de inteiros no grão com casca (G. Amato et al., 2002).

O rendimento de inteiros é influenciado pelas condições de processo, sendo possível que ocorra sua diminuição em condições de alta pressão e longos tempos de exposição na etapa de gelatinização (Patindol et al., 2008).

Apesar dos benefícios na redução de grãos quebrados, o processo de parboilização deixa os grãos amarelados, principalmente pela reação de Maillard, mas também devido aos processos de fermentação (Villanova et al., 2017).

A coloração amarelada do arroz parboilizado é influenciada pela severidade dos parâmetros de parboilização, como a temperatura e o tempo de imersão, assim como a pressão e o tempo de autoclavagem na gelatinização (Bhattacharya & Rao, 1966).

Assim, é imprescindível o entendimento das propriedades térmicas, assim como, dos parâmetros produtivos indicados para cada cultivar, de forma a padronizar e otimizar o

rendimento fabril e a aceitação dos produtos no mercado.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão integrativa relacionada à definição de propriedades térmicas e parâmetros de processos de parboilização em cultivares de arroz.

2.3.3 Metodologia

A presente pesquisa é uma revisão integrativa de literatura, onde objetivou-se a busca e análise do material científico relacionado ao tema investigado. A revisão integrativa é um método de síntese de resultados de pesquisas relacionadas a certo tema de forma ordenada, sistemática e abrangente, possuindo este nome devido a fornecer dados mais amplos podendo ser direcionada à definição de conceitos, teorias ou análises metodológicas (Ercole et al., 2014).

Para a busca dos artigos científicos, utilizou-se as plataformas de dados Science Direct; Web of Science; e Scielo utilizando filtros avançados, utilizando descritores na língua inglesa (língua universal).

A busca ocorreu entre os dias 25 e 26 de junho de 2022 e a avaliação dos dados foi realizada entre os dias 03 e 14 de outubro de 2022.

Para a busca utilizou-se os descritores (Cultivar OR Varieties) AND e (Parboiled rice) AND (Soaking OR Parboiling) AND (Brasil OR Brazil) os quais foram definidos de acordo com o objetivo da pesquisa, os detalhes para a busca na base de dados estão descritos no Tabela 3.

Tabela 3

Forma de utilização dos descritores na plataforma de pesquisa.

Operadores booleanos usados	Descritor
AND	Cultivar OR Varieties
AND	Parboiled rice
AND	Soaking OR parboiling
AND	Brasil OR Brazil

Não foram utilizados recursos de filtros com delimitação temporal, porém, aplicou-se o filtro de tipo para “Research articles” para a definição do tipo de artigo pesquisado. Apenas

artigos científicos e lançamentos de cultivares publicados em periódicos foram aceitos, sendo excluídos artigos de revisão, livros, capítulos de livros, resumos, anais de eventos, trabalhos duplicados e trabalhos que não permitiram acesso gratuito.

Após a realização da pesquisa e filtros da ferramenta, os textos foram organizados em um quadro utilizando o Microsoft Office Excel 2016 e seus textos foram acessados de forma integral. Apenas os documentos disponíveis na íntegra foram incluídos no estudo e os seus dados tabulados.

Para avaliação inicial dos temas encontrados na pesquisa, foi realizada a leitura dos títulos, onde os que não se enquadraram com o objetivo foram excluídos; em seguida, foi realizada a leitura do resumo e excluídos os que não se enquadraram com o tema; por fim, foi realizada a leitura na íntegra os trabalhos que atenderam o objetivo da pesquisa e possuíam temática relacionada ao tema buscado. À medida que as leituras ocorreram, o quadro do Excel foi atualizado quanto à coerência com a pesquisa.

Os artigos selecionados foram organizados e apresentados em um quadro de revisão trazendo informação sobre título, autores, objetivo, metodologia experimental utilizada e os resultados encontrados nos estudos.

2.3.4 Resultados e Discussão

A primeira pesquisa nas plataformas retornou 323 resultados, sendo 301 na Science Direct; 21 na Web of Science; e 1 na Scielo. Utilizando o filtro de “Research articles” permitido na Science Direct, permaneceram 146 artigos no total.

Destes, 2 foram excluídos devido a não estarem disponíveis na íntegra. Além disso, 111 artigos foram removidos devido ao título remeter a assuntos diferentes dos objetivos da pesquisa. Em seguida, foi realizada a leitura dos resumos dos artigos, com objetivo de verificar se realmente o objetivo das pesquisas estavam alinhados com os buscados, deste último filtro, resultaram 16 artigos que foram tabulados e lidos na íntegra. Após a leitura completa, observou-se que apenas 8 trabalhos possuíam dados informativos de parâmetros de processo ou propriedades térmicas relacionadas ao processo de hidratação e autoclavagem, como temperatura de gelatinização, tempo de encharcamento, perfil de hidratação ou pressões ideais de autoclavagem. A Figura 16 representa os filtros e processos utilizados durante o processo de seleção dos artigos.

Figura 16

Processo de seleção e análise preliminar dos artigos científicos pesquisados.



Na avaliação quanto aos objetivos, representada pelo quadro da Figura 17, foi realizado um resumo das informações encontradas, sendo que, dos oito trabalhos encontrados quatro eram artigos de divulgação de cultivares, onde as propriedades dos grãos foram informadas, porém não há detalhes dos testes aplicados.

Figura 17

Quadro dos artigos científicos avaliados na revisão integrativa incluindo objetivo principal, parâmetros e características térmicas, principais resultados e principais conclusões.

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
Multiphysics simulation and characterisation of parboiling of long grain rice during hydration	Balbinoti et al., (2022)	Simulação 3D da transferência de massa e calor durante o processo de hidratação do arroz em casca, correlacionada a alterações morfológicas com objetivo de otimizar o processo de parboilização	Variação de tempo de 30 min a 10h e temperaturas de 36,5, 46,5, 56,5, 66,5, 76,5 e 86,5°C	Não aplicado	SCS117 CL	75,6±0,4	alta, entre 74 e 80°C	-Quando a umidade do grão aumentou de 30% para 50% a temperatura de gelatinização diminuiu 0,784°C e a entalpia aumentou para 1,76J/g -Condições ideais de processamento : abaixo de 66,5°C não há parboilização; acima de 86,5°C há quebra significativa da casca, gerando cozimento e não parboilização; a hidratação à 66,5°C pode ser utilizada para produção de arroz maltado ou na produção de arroz parboilizado, desde que uma etapa posterior assegure a gelatinização; a hidratação a 76,5°C não é adequada para maltagem, mas é adequada para parboilização, excluindo a necessidade de uma etapa subsequente	- A hidratação em temperaturas abaixo de 66,5°C não promoveram a gelatinização - A hidratação em temperaturas mais altas que 86,5°C promoveram quebra significativa da casca cozinhando os grãos -A hidratação a 76,5°C por 3h permitiu que os grãos atingissem a umidade ideal para a gelatinização do amido -É possível otimizar o processo de parboilização com menos tempo e energia gerando gelatinização na etapa de hidratação, sem autoclavagem. -Desenvolvido uma simulação de transferência de calor e massa que permitiu a elucidação do comportamento real do arroz durante a parboilização

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
Mathematical modeling of paddy (Oryza sativa) hydration in different thermal conditions assisted by Raman spectroscopy	Balbinoti et al., (2018)	Modelagem matemática da hidratação de arroz em casca aliada a alteração dos grupos funcionais em diferentes condições térmicas	Variação de tempo de 30 min a 15h e temperaturas de 35, 45, 55 e 65°C	Não aplicado	BR-IRGA 409	Não definido	Não definido	-O aumento da temperatura de encharcamento aumentou a difusão de água no arroz, reduzindo o tempo necessários. Os testes indicaram que à 35°C por 15h não foram suficientes para fornecer a umidade de gelatinização, mas à 45, 55 e 65°C foi possível alcançar a umidade desejada em 9, 6 e 5h respectivamente -A utilização da espectrofotometria de Raman gerou picos diferentes para cada umidade, sugerindo que possa ser utilizado como um novo método de determinação de umidade -Modelagem matemática da hidratação, sendo o modelo de Fick o que melhor descreveu o processo de hidratação com erro entre 0,839 e 1,731%.	-O modelo de Fick mostrou através do coeficiente de difusão efetivo que a hidratação depende da temperatura -Possibilidade do uso do espectrofotômetro de Raman como método de determinação de umidade -Para temperaturas de 45, 55 e 65°C foi possível alcançar a umidade desejada em 9, 6 e 5h respectivamente

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
Physicochemical and cooking quality characteristics of South American rice cultivars parboiled at different steaming pressures	Villanova et al. (2020)	Avaliar o grau de gelatinização do amido (DSG), porcentagem de grãos, tempo de cozimento e dureza do arroz parboilizado de principais linhagens puras e híbridas cultivadas no Brasil em função condições de autoclavagem e características do amido.	Não estudado, padronizado hidratação de 65°C por 6h	0,25, 0,50 e 0,75 kgf/cm ²	Puita Inta CL	66,21±0,01	baixa, entre 63 e 68°C	-Devido ao teor de amilose intermediário apresentado pelo Titan CL, sua capacidade de absorção pode ser reduzida quando comparado aos demais, resultando em temperaturas de gelatinização maiores -Range de temperatura de gelatinização foi maior para a cultivar Titan CL (23,70°C) indicando menor homogeneidade dos cristais de amilopectina -Range de temperatura do Inov CL foi o menor, indicando padrão mais uniforme e estrutura cristalina estável da amilopectina -O amido do Titan CL apresentou a maior cristalinidade com resultado de 30,79% enquanto o IRGA 424 RI apresentou a menor, com 27,88% -O comprimento médio da cadeia de amilopectina variou de 20,42 para o Lexus CL a 20,90 para o Titan CL, sendo significativamente maior para o amido do Titan CL -Titan CL apresentou o maior nível de grãos quebrados em as pressões 0,25 e 0,50 kgf/cm² que os demais genótipos. -Para o tempo de cocção, o maior foi do Titan CL que apresenta maior cadeia média de amilopectina comprimento e menor teor de amilose, o que pode reduzir o capacidade de absorção de água do amido. -O menor tempo observado para Guri Inta CL e IRGA 424 RI pode ser explicado por o maior teor de proteína presente nesses genótipos, o que pode proporcionar melhor absorção de água durante o processo de cozimento.	-Os resultados foram dependente do genótipo em vez do agrupamento de linha (linha pura ou linha híbrida). -As pressões de vapor intermediárias podem ser úteis para as cultivares estudadas; porém, houveram particularidades para a Titan CL. -O arroz Titan CL apresentou o menor teor de amilose e DSG, indicando uma estrutura cristalina mais estável que dificulta a entrada de água nos grânulos de amido. -Devido aos resultados do Titan CL, conclui-se que a fina estrutura de amilopectina determina a pressão de vapor a ser utilizado no processo de autoclavagem -Para controle dos grãos quebrados na parboilização do Titan CL, foi necessário uma maior pressão de vapor, sendo necessário diferentes condições das demais
					Guri Inta CL	66,70±0,25	baixa, entre 63e68°C		
					IRGA 424 RI	66,35±0,97	baixa, entre 63e68°C		
					Titan CL	76,73±0,24	alta, entre 74e80°C		
					Lexus CL	67,88±0,01	baixa, entre 63e68°C		

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
					Inov CL	66,78±0,35	baixa, entre 63e68°C		
SCS122 Miura - New Rice Cultivar	Marschalek et al. (2017)	Definição das características da cultivar SCS122 (classificação da temperatura de gelatinização)	Não aplicado	Não aplicado	SCS122	Não definido*	alta, entre 74e80°C	-Cultivar de maturidade tardia (137-144 dias) -Resistente ao acamamento -Resistência a toxicidade do ferro e à brusone -Produtividade média de 9.388kg/há -Bom desempenho para parboilização -Recomendação para todas as áreas de Santa Catarina, Brasil -Grãos longos com renda de 67,5% -Testes sensoriais resultaram em boa aceitação pelo consumidor	-Grãos adequados para uso em parboilização -Recomendado para todas as regiões de Santa Catarina -Classe longo fino
SCS125: new paddy rice cultivar	Marschalek et al. (2021)	Definição das características da cultivar SCS125 (informação de temperatura de gelatinização e indicação de temperatura de encharcamento)	Não aplicado	Não aplicado	SCS125	Não definido*	alta, entre 74e80°C	-Utilizada cultivares de diferentes origens genéticas no cruzamento -Lançada em 19 de fevereiro de 2021 e disponibilizada para os agricultores na safra de 2021/2022 -Ciclo tardio (147 dias) -Moderadamente resistente a toxicidade ao ferro -Produtividade média de 10.230kg/ha -Grãos longo fino -Renda de 70,2% -Testes sensoriais apresentaram resultados iguais ou melhores do que as cultivares de controle	-Recomendado para todas as regiões de Santa Catarina -Diferenciação genética contribui para aumentar a diversidade da base genética do programa de melhoramento genético de arroz da Epagri

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
								-Indicação de parboilização de 6h à temperatura não superior a 70°C -21 alelos exclusivos e 50% de similaridade genética com a cultivar SCS122 Miura e 65% de similaridade com as cultivares SCS116 Satoru, SCS121 CL. Epagri 109 e SCSBRS Tio Taka	

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
Changes occurring during the parboiling of upland rice and in the maceration water at different temperatures and soaking times	da Fonseca et al (2011)	Investigar a influência das variáveis de imersão (temperatura e tempo de imersão em água) na tecnologia características de qualidade do arroz parboilizado de dois cultivares de terras altas (BRS Primavera e BRS Sertaneja) e nas perdas de nutrientes.	Varição de tempo de 60 a 270 min e temperatura de 60 ± 1 , 65 ± 1 e 70 ± 1 °C	Não estudado, padronizado 10 min à 120°C com pressão de 1.1 kgf/cm ²	BRS Primavera e BRS Sertaneja	Não definido	Não definido	-As duas cultivares apresentaram características de hidratação similares nas diferentes temperaturas -Para atingir 30% de umidade, houve diferenciação na absorção em função da cultivar -BRS Primavera é mais fina, contribuindo para menor tempo de hidratação -BRS Primavera atingiu 30% de umidade na quarta, terceira e segunda hora com temperatura de 60, 65 e 70°C, respectivamente -BRS Sertaneja atingiu 30% de umidade na décima, sétima e quinta hora com temperatura de 60, 65 e 70°C, respectivamente -BRS Primavera possui absorção de água ideal (30%) na faixa de temperatura de 58 a 60 C com tempos de imersão entre 112 e 420 min, na seção transversal na área entre 112 e 200 min. -BRS Sertaneja possui faixa de absorção ideal (30%) na faixa de temperatura de 58 a 60 C com tempos de imersão entre 220 e 660 min, bem como na área entre as temperaturas de 60 a 64 C e tempos de imersão entre 180 e 350 minutos -Os grãos com formato de 'banana' (deformados) aumentaram após a parboilização, especialmente nas condições de parboilização mais extremas	-Confirmaram que as condições de tempo e temperatura de hidratação alteraram os valores de índice de absorção de água, índice de cascas partidas, deformação de grãos (banana), pH da água de imersão e sólidos solúveis em função da cultivar -A cultivar BRS Primavera apresentou o menor tempo para absorção de água -A cultivar BRS Primavera apresentou maior quantidade de grãos deformados

Título	Autores	Objetivo principal	Parâmetros de hidratação	Pressões de autoclavagem	Cultivares estudadas	Temperatura de gelatinização (Tg) °C	Classificação da Tg	Principais resultados	Principais conclusões
SCS124 Sardo: Brazilian rice cultivar with excellent milling quality	Marschalek et al. (2020)	Definição das características da cultivar SCS124 (informação de temperatura de gelatinização e indicação de temperatura de encharcamento)	Não aplicado	Não aplicado	SCS124	Não definido*	baixa, entre 63e68°C	-Cultivar de ciclo de maturação médio (134 dias) -Mais tolerante ao acamamento do que a Epagri 106 -Tolerância à toxicidade do ferro e resistência a brusone são intermediárias -Produtividade média de 8.754kg/há -Grãos longo fino, com baixo percentual de gessados -Rendimento de 67,4% -Características desejáveis para produção de arroz branco -Testes sensoriais satisfatórios, com textura macia, bom aroma e bom sabor -Adequado para arroz parboilizado, sendo o tempo de hidratação não deve ser superior a 4,5h em temperaturas não superiores à 65°C seguido de autoclavagem por 12 minutos. Indicação de que esta cultivar é diferente das outras lançadas pela Epagri e devem ser processadas em separado ou junto a outras de características similares - Recomendada para cultivo em todas as regiões de Santa Catarina	-Adequado para arroz parboilizado, sendo o tempo de hidratação não deve ser superior a 4,5h em temperaturas não superiores à 65°C seguido de autoclavagem por 12 minutos.
SCS118 Marques - New rice cultivar obtained through induced mutation	Schiocchet et al. (2014)	Definição das características da cultivar SCS118 (classificação da temperatura de gelatinização)	Não aplicado	Não aplicado	SCS118	Não definido*	intermediária a 69-73°C	-Maturidade tardia (144 dias) -Resistente ao acamamento -suscetibilidade moderada à toxidade do ferro e a brusone -Produtividade média de 8.944kg/há -Grãos longos com renda de 70,02% -Adequada para arroz beneficiado polido e para parboilizado -Testes de cocção confirmaram a qualidade, com grãos soltos, bom aroma e sabor normal	-Adequada para arroz beneficiado polido e para parboilizado

* Não houve informação da temperatura de forma quantitativa, porém, há a indicação da faixa de temperatura classificada de forma qualitativa.

Quanto a metodologia aplicada para os estudos experimentais, descritos no quadro da Figura 17, os quatro trabalhos informativos sobre as cultivares SCS122, SCS118, SCS125 e SCS124 foram considerados como não aplicáveis pois não eram trabalhos experimentais de aplicação de condições de processamento de parboilização.

Dos trabalhos que utilizaram o método experimental de aplicação de condições de hidratação, apenas um realizou testes de autoclavagem; e dois estudaram exclusivamente o processo de hidratação, não havendo avaliações da etapa de autoclavagem. O único trabalho onde houve alteração de parâmetros de autoclavagem, não houve alterações dos parâmetros de hidratação.

O processo de encharcamento ou hidratação é a primeira etapa de processamento do arroz parboilizado. Nesta etapa, os grãos são submersos em água a determinada temperatura, sendo que a absorção de água pode variar entre cultivares, dependendo do tempo e temperatura, sendo necessário um percentual de 30% de água no fim deste processo (Elias et al., 2015). A casca de algumas cultivares se abre de forma mais fácil do que outras durante essa etapa, esta característica não é desejável, e por isso, é necessário o entendimento dos isotermais para correta padronização dos processos fabris (Polidoro, 2018).

A duração da imersão nos grãos de arroz em casca deve ser a mais rápida possível de forma a evitar fermentações enzimáticas e microbianas, que proporcionam alterações sensoriais, podendo afetar a aceitabilidade pelo consumidor (Elias et al., 2015).

Os trabalhos de Balbinoti et al. (2022), Balbinoti et al. (Balbinoti et al., 2018) e Fonseca et al. (2011) construíram os isotermais de hidratação a partir de experimentos, conforme demonstrado na Figura 17. O entendimento sobre o comportamento durante a hidratação é de extrema importância, devido a compreender uma das etapas da parboilização, e conforme Silva (2003) o aumento do tempo e da temperatura no encharcamento torna propício o aumento dos índices de abertura excessiva de casca, o que gera deformações nos grãos de arroz; e a falta destes, pode ocasionar uma gelatinização deficiente.

Quanto aos resultados encontrados para temperatura de gelatinização, quatro estudos utilizaram métodos qualitativos de classificação, conforme proposto por Martinez e Cuevas (1989) onde a temperatura de gelatinização pode ser classificada em Alta, quando

possui temperatura entre 74°C e 80°C; Intermediária quando entre 69°C e 73°C; e Baixa quando entre 63°C e 68°C. No estudo de Villanova (2020), foi realizado o levantamento das informações de temperatura inicial, de pico e conclusão de gelatinização, sendo que na Tabela 3 considerou-se apenas a temperatura de pico. Utilizando a métrica de Martinez e Cuevas (1989) para os demais trabalhos, houve quatro cultivares com temperatura de gelatinização alta, uma intermediária e seis baixas, demonstrando que há alteração da temperatura entre as cultivares estudadas.

Maiores temperaturas de gelatinização podem ocorrer devido à menores teores de amilose, isso ocorre devido a importância da amilopectina na cristalinidade do grânulo de amido, assim, a presença da amilose há a redução do ponto de fusão das regiões cristalinas e a energia indispensável para o início da gelatinização, assim, materiais com mais amilose apresenta mais regiões amorfas e menores temperaturas de gelatinização (Denardin & Silva, 2009).

As cultivares se mostraram relevantes para a determinação das características de processo, uma vez que no trabalho de Fonseca et al. (2011) confirmou-se que as condições de tempo e temperatura de hidratação alteraram os valores de índice de absorção de água, índice de cascas partidas, deformação de grãos (banana), pH da água de imersão e sólidos solúveis em função da cultivar; e Villanova et al. (2020) demonstrou em seu estudo que não há relação com a linha pura ou linha híbrida, sendo a cultivar a variável relevante na determinação das características de processo e propriedades do grão.

As condições de calor, umidade e tempo de exposição durante a parboilização afetam a estrutura dos principais componentes do arroz, causando alterações nas características do produto parboilizado. Assim, industrialmente é importante que sejam aplicadas as condições de processamento ideais, de acordo com as características da cultivar (Villanova et al., 2020).

2.3.5 Conclusão

O trabalho permitiu o aprofundamento no tema proposto, com o estudo de publicações científicas relacionadas à informação e aplicação de características térmicas e processamento de diferentes cultivares para parboilização no Brasil. Conclui-se que os trabalhos possuíam resultados distintos de temperatura de gelatinização e isothermas de hidratação, reforçando que as características físico-químicas de cada cultivar geram

diferentes características de processo, uma vez que a temperatura de gelatinização é uma das principais variáveis para a definição dos parâmetros de produção.

Dentre os conhecimentos levantados neste trabalho, destaca-se que as cultivares se mostraram determinantes para a definição das características de processo, uma vez influenciam nos parâmetros de hidratação e autoclavagem.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A seguir será apresentado o detalhamento dos processos metodológicos da presente pesquisa.

3.1 ABORDAGEM, OBJETIVOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

A pesquisa é de natureza quantitativa, exploratória e descritiva quanto aos objetivos, e, experimental quanto aos procedimentos.

Nos métodos quantitativos, os dados são coletados por meio de medições que geram conjuntos de dados que podem ser analisados usando técnicas matemáticas, como porcentagens, estatísticas e probabilidade (Gil, 2002).

Na sua categorização quanto aos objetivos, as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis; já as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior aprofundamento com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses; na classificação quanto aos procedimentos, a pesquisa experimental é aquela onde um fenômeno é reproduzido de forma controlada, buscando evidenciar as relações entre os fatos e as teorias (Gil, 2002; A. Pereira et al., 2018).

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

As amostras de grãos de arroz das cultivares SCS121 CL e SCSBRS126 foram oriundas de campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Epagri/Itajaí, enquanto as cultivares IRGA 424 RI e BRS Pampa CL utilizados para a pesquisa, foram cedidas pela Universidade Federal de Pelotas do Rio Grande do Sul – UFPel, Pelotas, RS

O cultivo e o manejo da cultura nas áreas experimentais citadas seguiram as recomendações técnicas para manejo e cultivos das variedades de arroz em casca, conforme a Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (Sosbai, 2018).

As amostras foram enviadas em embalagens plásticas, lacradas, diretamente ao Laboratório da Empresa Fumacense Alimentos em Morro da Fumaça/SC, onde ocorreram as

análises de caracterização e simulação de processo de parboilização. O recebimento das amostras ocorreu entre os meses de abril a agosto de 2023.

3.2.1 Descrição do local do estudo

O laboratório da empresa Fumacense Alimentos¹ está localizado na cidade de Morro da Fumaça, Santa Catarina e conta com equipamentos de análises de alimentos. Dentre os laboratórios disponíveis, destaca-se o laboratório de grãos, com equipamentos específicos para análises de arroz que simulam processos de produção, como o engenho de provas, onde é possível descascar e brunir os grãos de forma similar ao que ocorre na indústria; mesa de classificação de grãos; separador de impurezas; balanças; quarteadores; homogeneizadores; entre outros.

3.2.2 Amostra e processo de amostragem

Foram utilizados grãos de arroz em casca de duas cultivares de cada estado, sendo elas a IRGA 424 RI e BRS Pampa CL cultivadas no estado do Rio Grande do Sul e o SCS121 CL e SCSBRS126 cultivadas no estado de Santa Catarina da safra de 2022/2023. O critério utilizado para a escolha das cultivares foram os indicadores de produção em ambos os estados, sendo as cultivares de amplo cultivo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina; e devido ao lançamento recente da SCSBRS126.

As amostras das cultivares SCS121 CL e SCSBRS126 foram semeadas e cultivadas na Estação Experimental da Epagri, no município de Itajaí, SC, cujas amostras foram cedidas pela própria Epagri, após colheita em escala experimental. O campo experimental foi visitado no dia 26/06/2023, após a conclusão da colheita, para contato com os responsáveis pelo manejo e retirada das amostras.

Já as amostras do IRGA 424 RI e BRS Pampa CL foram semeadas e cultivadas no campo experimental da Universidade Federal de Pelotas – UFPel no município de Pelotas, Rio Grande do Sul.

A semeadura e plantio seguiram as indicações técnicas de cada cultivar (estas informações foram descritas após a realização dos experimentos) e foram colhidas de forma manual. As amostras após sua colheita foram secas em secador piloto de amostras de grãos para sua conservação até umidade aproximada à $13,0 \pm 1,0\%$, medida em medidor de

umidade por capacitância, com fluxo de ar na temperatura de 38°C e, após o seu resfriamento natural, acondicionadas em embalagens plásticas devidamente lacradas e enviadas ao Laboratório da Empresa Fumacense Alimentos para realização das análises. As amostras possuíam aproximadamente 20kg, possibilitando a execução de todas as análises.

3.2.2.1 Preparação da amostra

As amostras recebidas foram avaliadas visualmente quanto à presença visível de insetos vivos e situação da embalagem, sendo que em todas as cultivares não houve presença de insetos vivos ou mortos; e as embalagens encontravam-se íntegras sem apresentarem riscos à conservação do material. Em seguida, quarteadas utilizando quarteador modelo QAZ-1 da marca Zaccaria, para a separação em alíquotas que foram utilizadas para a realização das análises, conforme Tabela 4. Antes da realização das análises, as amostras foram limpas utilizando a peneira de furos oblongos de 1,8x19mm para a separação de galhos e cascas que pudessem contaminar as amostras e influenciar nos resultados. As amostras foram armazenadas durante o período de análises em ambiente laboratorial, onde há controle de temperatura abaixo de 22°C, e com aplicação de inseticidas quinzenalmente.

Tabela 4

Quantidade de amostra mínima necessária para a realização das análises conforme metodologia aplicada.

Análise	Quantidade necessária por análise	Nº de análises	Quantidade total
Renda e rendimento*	100g	Triplicata	1200g
Testes de hidratação	50g	Triplicata, usando planejamento fatorial 2 ² com ponto central (total 60)	3000g
Testes de autoclavagem	150g	Triplicata, usando planejamento fatorial 2 ² com ponto central (total 60)	9000g

*Com as amostras separadas na análise de rendimento de inteiros foi realizada a classificação vegetal do produto beneficiado, brancura e transparência.

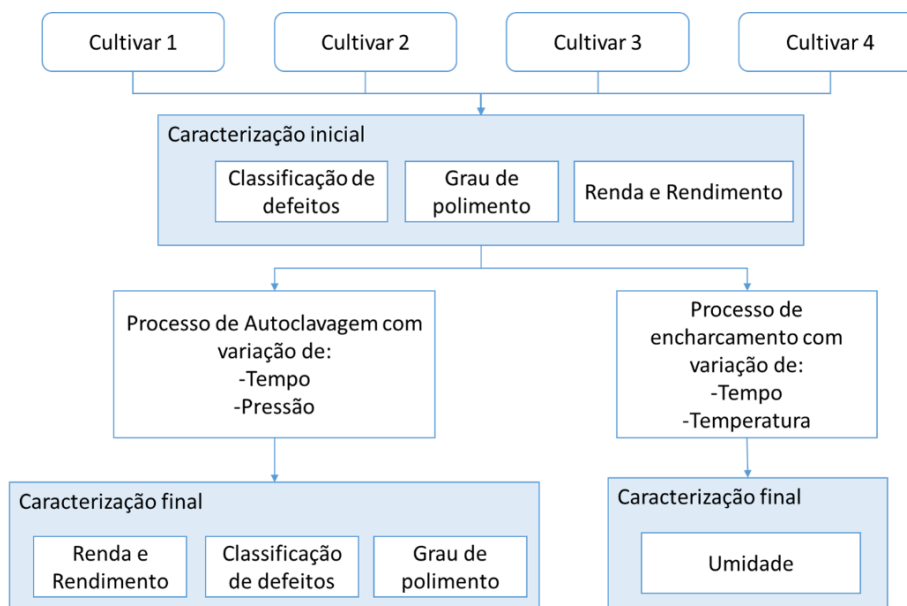
3.2.3 Etapas da pesquisa

As amostras de arroz recebidas foram caracterizadas antes e após o processamento. As amostras das diferentes cultivares de arroz foram testadas quanto a diferentes temperaturas de hidratação, tempo e pressão de autoclavagem.

Desde o seu recebimento e durante o seu processamento cada amostra foi avaliada quanto aos indicadores de qualidade, sendo antes do processamento: classificação de defeitos; renda e rendimento; brancura e transparência; e após processamento: renda e rendimento do grão; classificação de defeitos; brancura e transparência. A Figura 18 mostra as avaliações que foram realizadas nas amostras de cada cultivar.

Figura 18

Análises que foram efetuadas nas amostras de cultivares de arroz durante a execução da pesquisa



3.3 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

A seguir está apresentada a descrição da coleta de dados da referida pesquisa.

3.3.1 Caracterização Inicial da cultivar (antes da parboilização)

Para avaliação inicial da amostra, foram realizadas as análises de classificação de defeitos para ardidos, picados ou manchados, gessados ou verdes, amarelos, rajados, seguindo a Instrução Normativa 06/2009 do Ministério da Agricultura, e incluindo a avaliação de renda e rendimento de grãos inteiros.

Não foi realizada a análise de matérias estranhas e impurezas, uma vez que as amostras cedidas pela Epagri foram enviadas previamente limpas, não sendo possível a sua comparação com as amostras IRGA 424 RI e BRS Pampa CL, porém, todas as amostras passaram pela peneira de crivos oblongos de 1,75 x 20,00 a 22,00 mm para a remoção das sujidades antes do início dos experimentos.

3.3.1.1 Renda e Rendimento

Conforme o Regulamento Técnico do Arroz, a renda é “o percentual de arroz beneficiado e polido, resultante do beneficiamento do arroz em casca” enquanto o rendimento é “o percentual em peso de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultantes do beneficiamento do arroz” (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009).

Conforme definido no Regulamento Técnico do Arroz (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009), para a realização da renda foi pesado em balança digital marca Marte modelo AD3300, 100g de arroz em casca de cada cultivar, estes foram submetidos separadamente ao processo de beneficiamento em engenho de provas, onde simula-se os processos de beneficiamento, utilizando o polimento de 40 segundos, e em seguida foi pesado o total beneficiado resultante deste processo.

Na sequência, com o material da renda, para a definição do rendimento de inteiros, os grãos beneficiados foram acondicionados no compartimento externo do trieur (equipamento com finalidade de separação de grãos inteiros e quebrados, através da diferença de tamanho, devido ao acondicionamento em alvéolos dos grãos quebrados que após rotação são segregados em compartimento interno específico). O equipamento fez a separação dos grãos quebrados durante um minuto. Os grãos passaram por separação manual, e foram validados com paquímetro digital marca Digimess modelo Digimess-100-170 para confirmação dos grãos quebrados e em seguida pesados.

3.3.1.2 Grau de polimento

Para a realização das análises de grau de polimento, com o produto beneficiado obtido durante a análise de rendimento, o valor de grau de polimento foi definido com uso de medidor especializado, de modelo BZH, marca Zaccaria, conforme as indicações de uso do fabricante adicionando uma pequena amostra suficiente para o completo enchimento do compartimento do equipamento e inserindo-o no equipamento. Cada análise foi realizada em triplicata.

3.3.2 Processo de hidratação e autoclavagem

Para a experimentação do processo de hidratação e autoclavagem foi utilizado o planejamento fatorial 2^2 com quatro blocos e ponto central. A escolha desta metodologia de planejamento experimental está relacionada à possibilidade de avaliação dos efeitos cruzados dos diferentes parâmetros de processo. Os blocos foram formados pelas cultivares, enquanto as variáveis de processo (tempo e temperatura para o processo de encharcamento e tempo e pressão para o processo de autoclavagem) compõem os fatores, os experimentos foram realizados em triplicata e de forma aleatória, conforme indicação do Software Statistica 14.0.

Para a aplicação do processo de hidratação, cada alíquota de 50g de grãos de arroz foi acondicionada em Erlenmeyers de 400mL. O volume foi completado com água quente conforme mostra a Tabela 5 e para a manutenção da temperatura foi utilizado banho-maria na mesma temperatura. A variável de resposta desta etapa foi a umidade dos grãos, para a construção do perfil de hidratação, este foi realizado em um medidor de umidade halogênio, da marca Ohaus, modelo MB25. O planejamento experimental da etapa de encharcamento está descrito na Tabela 5.

Tabela 5

Temperaturas (T) e tempos (t) estudados na hidratação das amostras de grãos de arroz durante a execução da pesquisa.

Nº	Bloco 1 Cultivar 1		Nº	Bloco 2 Cultivar 2		Nº	Bloco 3 Cultivar 3		Nº	Bloco 4 Cultivar 4	
	t (min)	T (°C)		t (min)	T (°C)		t (min)	T (°C)		t (min)	T (°C)

1	330	70	6	330	70	11	330	70	16	330	70
2	330	60	7	330	60	12	330	60	17	330	60
3	90	60	8	90	60	13	90	60	18	90	60
4	90	70	9	90	70	14	90	70	19	90	70
5	210	65	10	210	65	15	210	65	20	210	65

Após a definição do tempo ideal para a umidade de 29%, através da análise dos resultados de umidade obtidos nos testes de encharcamento, novas amostras de 50g previamente hidratadas foram submetidas ao processo de parboilização em autoclave vertical de laboratório. Para a realização do planejamento experimental, utilizou-se do mesmo planejamento fatorial 2^2 com blocos e ponto central, havendo a variação do tempo e pressão conforme apresentados na Tabela 6, sendo realizado em triplicata.

Tabela 6

Pressões (P) e tempos (t) que foram estudados durante a autoclavagem das amostras das diferentes cultivares de arroz.

Nº	Bloco 1 Cultivar 1		Nº	Bloco 2 Cultivar 2		Nº	Bloco 3 Cultivar 3		Nº	Bloco 4 Cultivar 4	
	t (min)	P (kgf/cm²)		t (min)	P (kgf/cm²)		t (min)	P (kgf/cm²)		t (min)	P (kgf/cm²)
1	15	0,75	6	15	0,75	11	15	0,75	16	15	0,75
2	15	0,25	7	15	0,25	12	15	0,25	17	15	0,25
3	5	0,25	8	5	0,25	13	5	0,25	18	5	0,25
4	5	0,75	9	5	0,75	14	5	0,75	19	5	0,75
5	10	0,5	10	10	0,5	15	10	0,5	20	10	0,5

Após a autoclavagem, as amostras foram secas naturalmente em ambiente com temperatura controlada de 25°C até atingirem umidade de 14%±1 para que pudessem ser beneficiadas como descrito no item 3.2.3.

3.3.3 Caracterização final da cultivar (após processo de parboilização)

Para a caracterização final, ou seja, após o processo de parboilização, foram realizadas as análises de renda e rendimento; classificação de defeitos; brancura e transparência, seguindo os mesmos procedimentos metodológicos descritos no item 3.3.1.

3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram plotados e organizados no software Statistica 14.0, para a realização dos testes de normalidade; a análise de variância, conhecida como ANOVA (método utilizado para se comparar dados, avaliando se existem diferenças estatísticas significativas entre os dados estudados) aplicado entre as cultivares e entre as variáveis de processo. Quando houve diferença estatística significativa entre as variáveis estudadas nas diferentes cultivares, foram gerados os gráficos de contorno, superfícies de resposta e as equações de regressão linear (Montgomery, 2009).

Inicialmente, foi avaliado a normalidade com objetivo de verificar se o conjunto de dados cumpre o pressuposto de que segue uma distribuição normal, conhecida como distribuição gaussiana. Esta pressuposição é necessária para a validação dos modelos estatísticos, como os modelos de regressão linear (Montgomery et al., 2012).

A análise de normalidade seguiu a avaliação visual do gráfico Q-Q (Quantil-quantil), onde a linha diagonal representa os valores que seguem a distribuição normal e a avaliação visual do gráfico indica se existem resíduos que são *outliners*, que não representem um conjunto normal (Montgomery et al., 2012). Além disso, foi realizada a avaliação de resíduos por valores observados para a confirmação da homocedasticidade, avaliada através da aleatoriedade dos dados, onde demonstra a independência dos pontos. A homocedasticidade é necessária para a validação do modelo de regressão linear, já que a heterocedasticidade indica imparcialidade dos coeficientes de regressão.

Devido as questões de confidencialidade deste trabalho junto a empresa financiadora, os resultados foram apresentados utilizando codificação para as cultivares e algumas conclusões permanecerão sob conhecimento exclusivo da empresa financiadora, por motivos de competitividade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS

As cultivares apresentaram umidade dentro dos limites definidos na legislação brasileira (máx. 14%), tornando possível seu armazenamento durante o período de análises, sendo seus resultados de $13,1 \pm 0,10$; $12,9 \pm 0,10$; $12,7 \pm 0,2$; $13,5 \pm 0,10$ (Instrução Normativa MAPA N° 06, 2009).

Os valores encontrados na caracterização inicial das amostras de arroz processadas estão descritos na Tabela 7, onde observa-se que a Cultivar 3 apresentou maior percentual de defeitos na análise de classificação, com os maiores resultados para grãos ardidos ($0,30 \pm 0,11$), amarelos ($0,96 \pm 0,11$), picados ou manchados ($4,02 \pm 0,36$); enquanto para os defeitos de gessados ou verdes ($0,56 \pm 0,24$) e rajados ($0,27 \pm 0,05$), a cultivar 4 apresentou os maiores valores.

Para melhor análise dos resultados encontrados, foi realizada a análise de comparação de médias, onde podemos comparar se há diferença significativa entre os resultados, esta análise é representada na Tabela 7 através das letras ao lado do resultado, sendo que o defeito de grãos rajados e a característica de polimento não apresentaram variância entre os grupos, logo não há significância na diferença entre as suas médias.

Nas comparações realizadas, nota-se que não há padrão exato de diferenciação em todas as cultivares, logo, dependendo do defeito cada cultivar há similaridades ou diferenciações. Porém, a cultivar 3 apresentou as maiores diferenças, como demonstrado anteriormente, tendo diferenças significantes em todos os defeitos, renda e rendimento com uma ou mais cultivares, onde nos defeitos de amarelos e picados ou manchados, apresentou diferença com todas as cultivares. Logo, esta cultivar, mesmo antes do processamento, tenderá a ter menor rendimento industrial, gerando mais perdas durante o processo de seleção, e conseqüentemente terá menor valor comercial.

Tabela 7

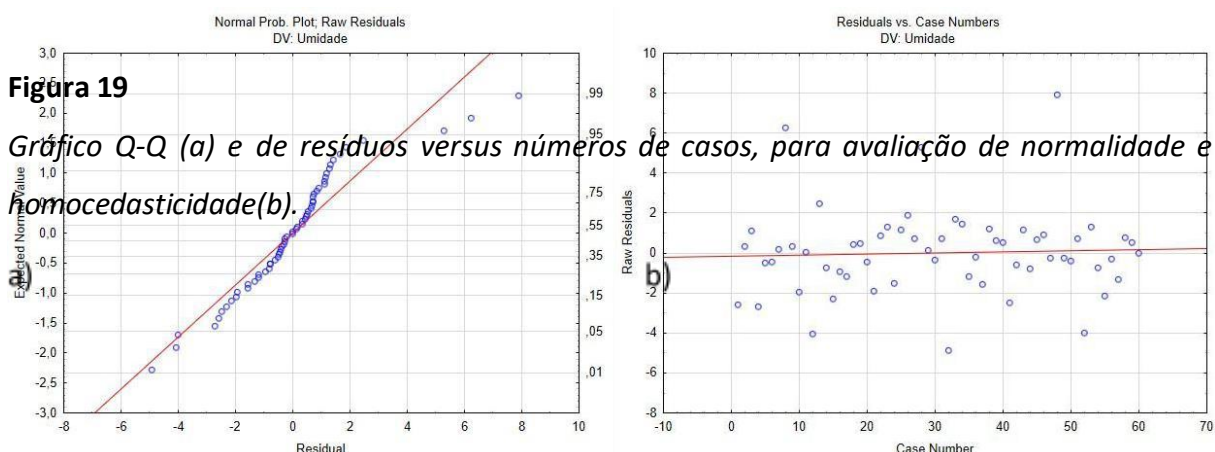
Caracterização inicial das amostras de arroz de cada uma das cultivares recebidas com a representação do teste de comparação de médias utilizando Tukey com nível de significância de 0,05, onde os contrastes são representados pelas letras ao lado dos resultados.

Variáveis	Cultivar 1	Cultivar 2	Cultivar 3	Cultivar 4
Ardidos (%)	0,10±0,03 ^a	0,08±0,02 ^a	0,30±0,11 ^{b,c}	0,17±0,02 ^{a,c}
Picados ou Manchados (%)	0,79±0,10 ^{a,c}	0,36±0,09 ^a	4,02±0,36 ^b	1,02±0,29 ^c
Gessados ou Verdes (%)	0,28±0,02 ^{a,b}	0,00±0,00 ^a	0,10±0,13 ^a	0,56±0,24 ^b
Rajados (%)	0,06±0,02 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,27±0,05 ^a
Amarelos (%)	0,33±0,01 ^a	0,24±0,02 ^a	0,96±0,11 ^b	0,15±0,11 ^a
Renda (%)	72,22±0,58 ^{a,c}	71,09±0,42 ^c	73,32±0,93 ^{a,b}	72,91±0,11 ^{a,b}
Rendimento (%)	65,25±0,75 ^a	65,18±0,49 ^a	69,29±0,32 ^b	60,70±1,38 ^c
Polimento	94±0,6 ^a	95±1,0 ^a	94±0,6 ^a	90±1,0 ^a

A maior presença de grãos amarelos e ardidos podem estar relacionada à origem destes defeitos, já que podem ser relacionados à processos fermentativos e enzimáticos, que podem ocorrer na lavoura ou no armazenamento dos grãos.

4.2 Testes de hidratação

Os testes foram realizados em ordem aleatória, garantindo o cumprimento do requisito de aleatoriedade do planejamento experimental. Em seguida, os dados foram analisados quanto ao cumprimento dos princípios de normalidade e homocedasticidade, para avaliação da utilização do modelo estatístico de regressão linear, e é apresentado na Figura 19, onde é possível verificar a linearidade dos dados do gráfico de normalidade (a) e a aleatoriedade apresentada no segundo gráfico (b) que indica a homocedasticidade como verdadeira.



Na avaliação das cultivares e sua comparação entre elas, conforme apresentado na Figura 20, as médias de resultados de umidade para os diferentes tempos aplicados, demonstrou que, em tempos menores, a absorção de umidade de cada cultivar seguiu um resultado próximo, não havendo diferença estatística significativa entre elas, porém, em tempos maiores, a cultivar 1 demonstrou maior capacidade de absorver água, se destacando em relação as demais, que apresentaram resultados similares em umidades próximas à 29%. A composição física e química dos grãos, como a proporção de amido, proteínas e espessura da casca afetam a sua velocidade de absorção de água, logo, entende-se que as diferentes características das cultivares influenciaram neste processo. (FONSECA, 2009).

Em função da temperatura e tempo, apresentado na Figura 20, as médias de resultados de umidade para as diferentes temperaturas aplicadas, apresentaram o mesmo comportamento do tempo, indicando diferenças entre a cultivar 1 e as demais estudadas neste delineamento experimental. Logo, sugere-se que ambos os fatores exercem ação na absorção de água.

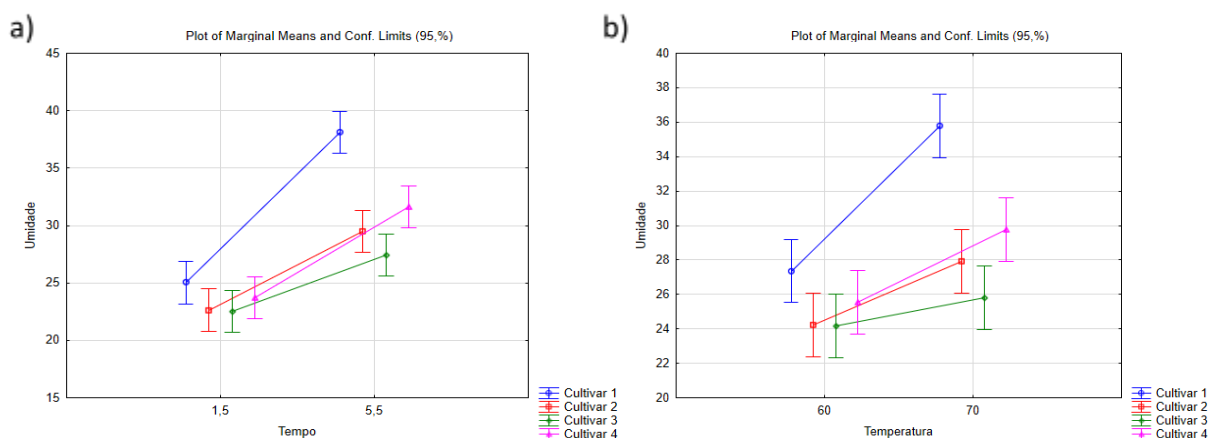
Segundo Ali e Pandya (1974), a taxa de parboilização está diretamente relacionada à temperatura devido a três fatores: a) o aumento da temperatura provoca a expansão do ar nos poros, facilitando a entrada de água; b) temperaturas mais altas rompem as ligações de hidrogênio no grânulo de amido, causando intumescimento; c) a absorção de água pelo

amido, que ocorre por difusão, é influenciada pelo coeficiente de difusão, o qual aumenta com a temperatura.

Sobre o tempo necessário para a realização do processo de encharcamento, a) a casca absorve água rapidamente e começa a saturar-se; b) o espaço entre a casca e o grão é preenchido com água logo após o início da maceração; e c) a ação capilar na superfície do pericarpo provoca uma rápida absorção (Martinez, 1984).

Figura 20

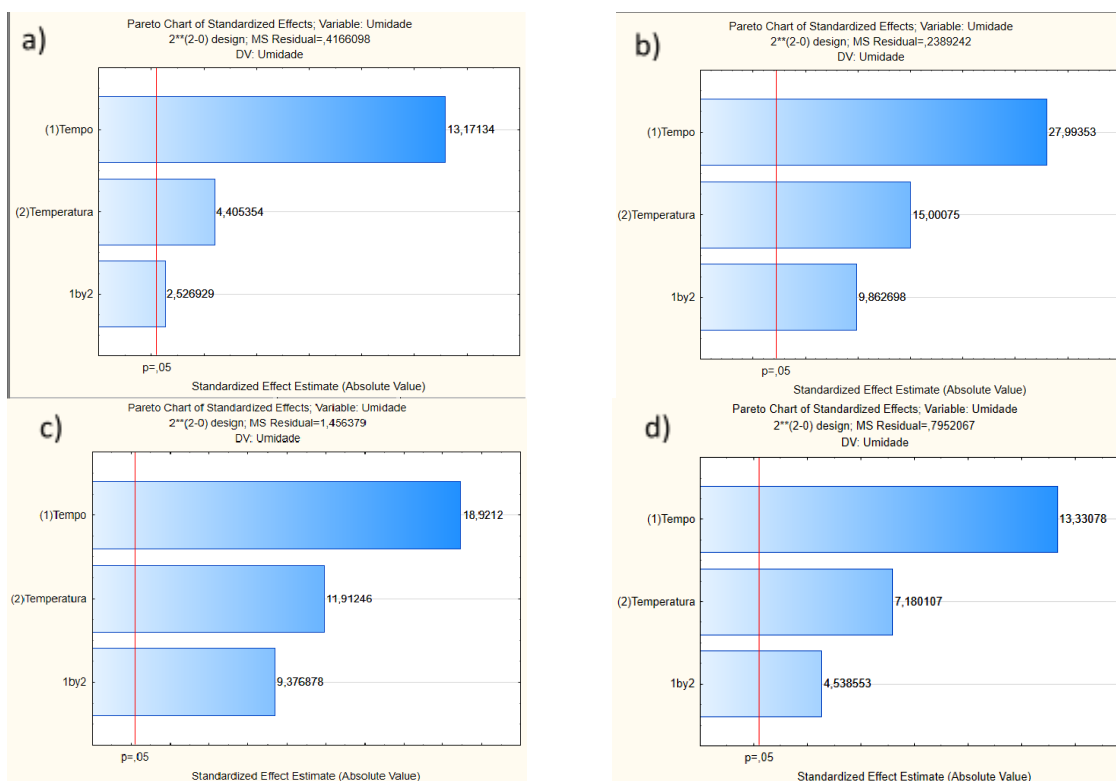
Médias de umidade em função do tempo (a) e temperatura (b) para cada cultivar após a aplicação do processo de encharcamento.



Após a análise geral dos dados, estes foram analisados individualmente, avaliando a influencia do processo de autoclavagem em cada cultivar individualmente. Para tal, foi realizada análise de ANOVA para cada cultivar, onde os resultados são expressos graficamente a partir do gráfico de Pareto da Figura 21, onde observa-se que todas as cultivares foram afetadas pelo tempo, temperatura e pela interação entre os dois fatores, uma vez que todos tiveram resultados de $p < 0,05$. A relevância da interação entre tempo e temperatura na absorção de água, indica que o comportamento de cada cultivar durante o processo de parboilização pode ser potencializado pela interação das duas variáveis.

Figura 21

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de encharcamento é aplicado em diferentes temperaturas e tempos quanto a variável de resposta umidade para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).



A Figura 22 representa as superfícies de resposta da variável de umidade após o estudo de variação da temperatura e tempo na etapa de encharcamento, nela observa-se que a correlação entre tempo e temperatura propiciaram a curvatura no plano de resposta. Através da equação de regressão, onde os fatores têm uma ação positiva na variável de resposta, podemos concluir que o tempo, a temperatura e a interação influenciam para o aumento da umidade durante o processo de encharcamento.

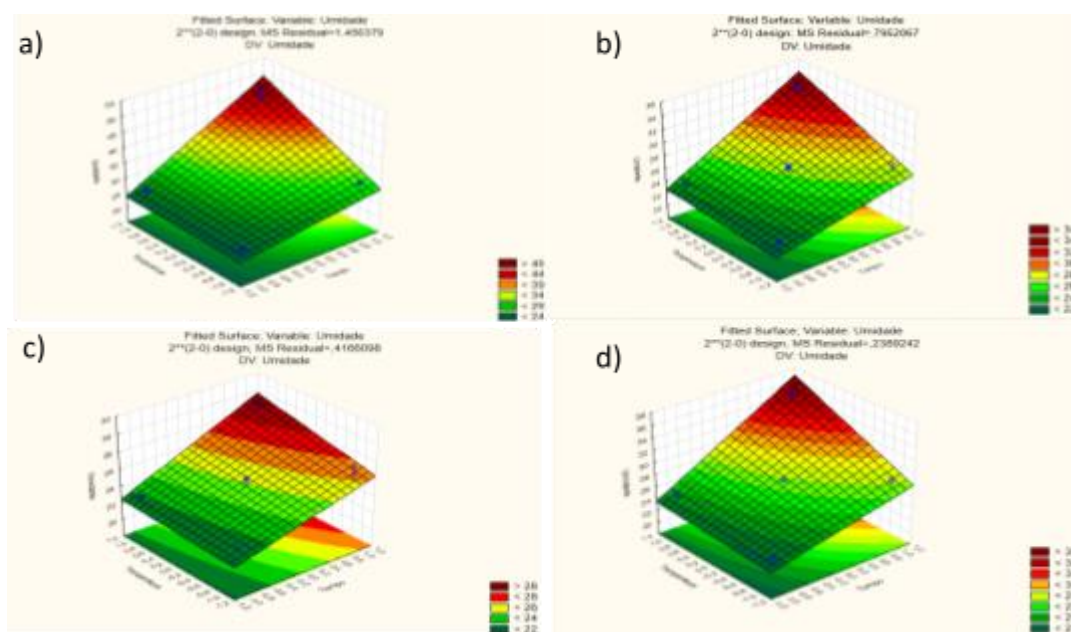
O comportamento do aumento da absorção em função do aumento da temperatura foi verificado também por Fonseca (2009), que explica que com o aumento da temperatura, o ar nos poros se expande, facilitando a entrada de água nos grânulos; o calor enfraquece a estrutura granular ao romper ligações de hidrogênio, ampliando a superfície para absorção de água; a absorção pelo amido depende do coeficiente de difusão, que aumenta com a temperatura, influenciado por mudanças na pressão de vapor, viscosidade, densidade e

tensão superficial.

Na equação da cultivar 1 (Figura 22a), nota-se que todos os fatores são aumentados, inclusive o ponto de partida da equação é maior, este comportamento está relacionado às características físico-químicas da cultivar, que podem ser sua composição química ou espessura da casca, por exemplo, gerando maior facilidade em absorver água, diferente da cultivar 3 (c) que possui maior resistência a absorção de água. A maior facilidade de absorção de água pode gerar melhores resultados de custo de produção, uma vez que é necessário menor tempo e recursos para a realização do processamento da cultivar.

Figura 22

Superfície de resposta das cultivares quanto a absorção de água quando variado o tempo e temperatura durante o processo de encharcamento, onde as cores verde-verde claro representam resultados de umidade mais baixos, enquanto as cores vermelhas representam os resultados maiores para as cultivares 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d).



a) $Umidade\ Cultivar\ 1 = 31,243 + 6,592x + 4,15y + 3,267xy \pm 0,697$

b) $Umidade\ Cultivar\ 2 = 26,23 + 3,42x + 1,85y + 1,17xy \pm 0,257$

c) $Umidade\ Cultivar\ 3 = 25,07 + 2,45x + 0,82y + 0,47xy \pm 0,186$

d) $Umidade\ Cultivar\ 4 = 27,65 + 3,95x + 2,12y + 1,39xy \pm 0,14$

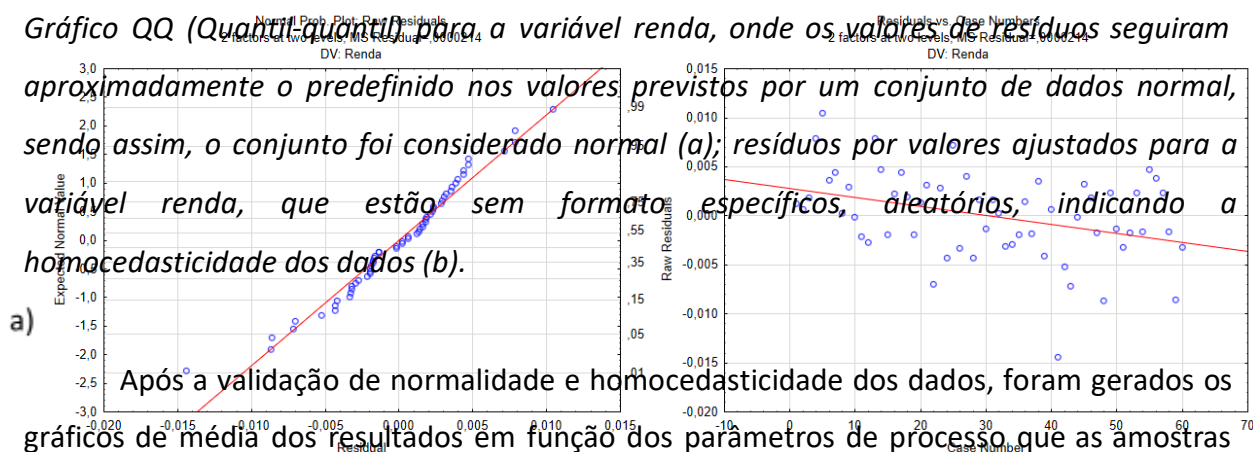
4.3 Testes de autoclavagem

4.3.1 Renda

Na Figura 23, estão demonstrados os gráficos QQ e de Resíduos por valores observados, indicando que há normalidade no conjunto de dados e que estes seguem o pressuposto de homocedasticidade. Sendo assim, podemos utilizar o modelo de regressão linear para o estudo.

Figura 23

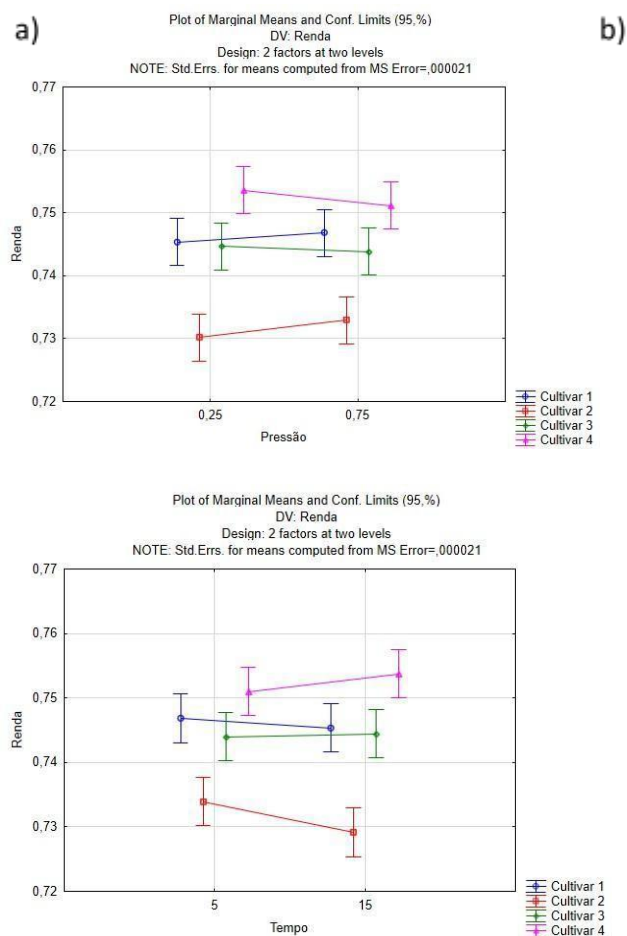
Gráfico QQ (Quantil-quantil) para a variável renda, onde os valores de resíduos seguiram aproximadamente o predefinido nos valores previstos por um conjunto de dados normal, sendo assim, o conjunto foi considerado normal (a); resíduos por valores ajustados para a variável renda, que estão sem formato específicos, aleatórios, indicando a homocedasticidade dos dados (b).



Após a validação de normalidade e homocedasticidade dos dados, foram gerados os gráficos de média dos resultados em função dos parâmetros de processo que as amostras foram aplicadas. Estes gráficos estão demonstrados na Figura 24, onde podemos observar que cada cultivar não teve alterações significativas para a variável de resposta renda, quando analisadas individualmente após a aplicação de tempo ou pressão, sendo assim, na avaliação média, o processo de parboilização não gerou alterações no resultado de renda, pode-se entender que as características iniciais da cultivar não foram alteradas pelos processamentos testados.

Figura 24

Médias de cada cultivar em função de pressão (a) e tempo (b) para a variável de resposta renda após o processo de autoclavagem.



Mesmo a média não tendo apresentado alterações, realizou-se a análise de ANOVA para entendimento da relevância, ou sua ausência, quando avaliados os fatores sobre a variável de resposta.

Na Tabela 8 é apresentado a análise de variância par a variável de resposta renda, onde é possível verificar que apenas o fator bloco foi relevante entre os testes realizados com as diferentes cultivares. Como a análise de blocos é relacionada às diferentes cultivares, pode-se concluir que entre os fatores estudados, a cultivar resultou em maior influência para a variável renda do que a aplicação do processo em si.

Os grãos beneficiados após a eliminação da casca e do farelo são referidos como “renda” e são expressos em porcentagem em relação ao produto bruto, assim a cultivar se mostra mais relevante para esse indicador do que a aplicação do processo de autoclavagem, que não provocou alteração estatística significativa em peso de casca ou de farelo, sendo assim, não afetou seu resultado final (Castro et al., 1999; Paraginski et al., 2014).

Tabela 8

Análise de ANOVA dos resultados de renda para as análises de autoclavagem com variação de intensidades de parboilização e cultivares, demonstrando variância significativa exclusivamente para o fator Blocos por possuir $p < 0,05$.

Fator	Variável: Renda; $R^2 = 0,78045$; Adj: 0,75559 2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0000171				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,003221	3	0,001074	62,62187	0,000000
Pressão	0,000000	1	0,000000	0,02226	0,881954
Tempo	0,000001	1	0,000001	0,08170	0,776119
Pressão x Tempo	0,000007	1	0,000007	0,42939	0,515123
Erro	0,000909	53	0,000017		
Total SS	0,004139	59			

Havendo alteração de resultados em função das cultivares estudadas, realizou-se a análise de ANOVA sem a aplicação de blocos, de forma individual, com o objetivo de entender a influência específica dos parâmetros em cada cultivar. Os resultados de Pareto, que indicam os fatores relevantes a partir da passagem da coluna pela linha de $p = 0,05$ (95% de significância) estão descritos na Figura 25, sendo que para esta variável de resposta, nenhuma apresentou resultados significativos na avaliação individual da cultivar, validando que o processo de autoclavagem nas condições testadas não gerou nenhum impacto para a variável renda.

Figura 25

Gráficos de Pareto, demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos, para a variável de resposta renda. Cultivar 1 (a), Cultivar 2 (b), Cultivar 3 (c) e Cultivar 4 (d).

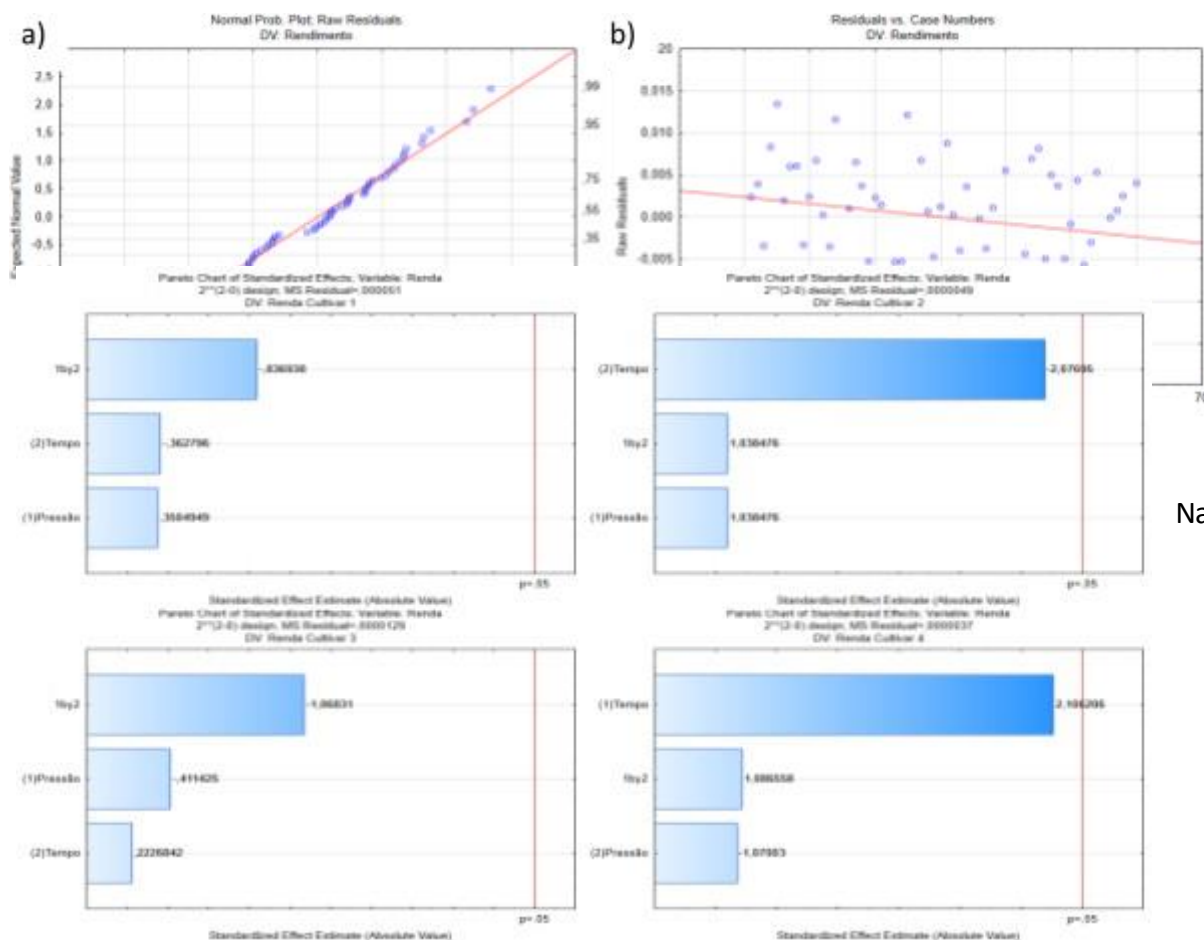
4.3.2) Rendimento

b)

Avaliando a normalidade através do gráfico da Figura 26 pode-se afirmar que a hipótese de normalidade é verdadeira, uma vez que os pontos se comportaram conforme a previsão de valores normais esperados, sendo possível avaliar os demais dados gerados através do delineamento experimental. Complementando a avaliação da normalidade, no gráfico apresentado na Figura 26 está o resíduo versus valores observados, onde não há padrões detectáveis e com isso, pode-se seguir com a suposição de variância constante para a análise de ANOVA.

Figura 26

a) Normalidade a partir da comparação entre valores normais esperados e resíduos. b) Resíduos versus valores observados da variável de resposta rendimento em função da pressão e tempo aplicados no processo de parboilização via autoclave.



avaliação das médias de rendimento em função da pressão, apresentadas na Figura 27a, é

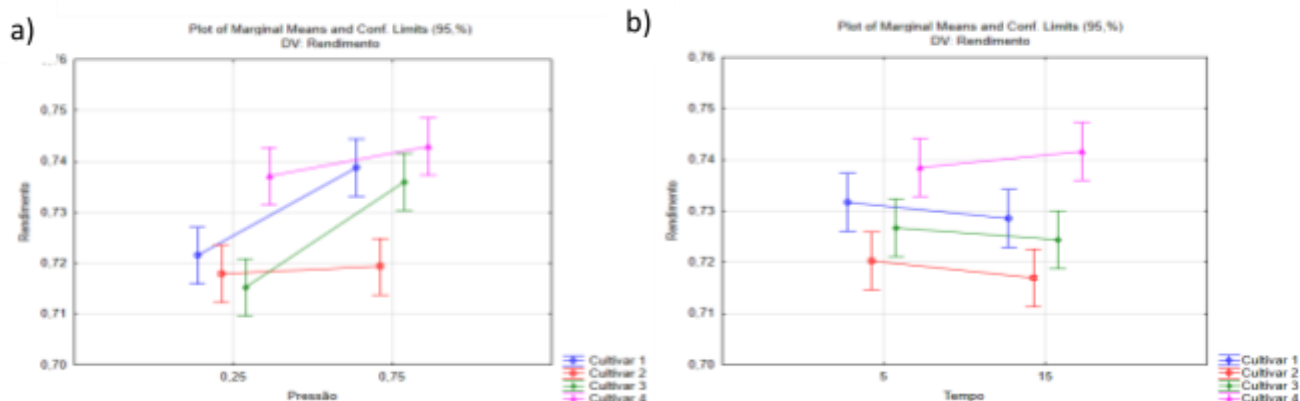
possível notar que a cultivar 2 e 4 não apresentaram variações do rendimento em função da pressão, demonstrando que a pressão variando entre 0,25 e 0,75 não apresentou grande impacto para esta variável. Já a cultivar 1 e 3 apresentaram resultados médios de rendimento diferentes e estatisticamente significativos em função da pressão, e se comportando de forma semelhante tanto em pressões mais baixas, quando em pressões mais altas.

Ao observar o comportamento das médias de rendimento em função do tempo, apresentadas na Figura 27b, pode-se afirmar que no delineamento experimental executado, o tempo não foi significativo para alterar o rendimento das cultivares no processo de autoclavagem. Além disso, o comportamento das cultivares 1, 2 e 3 foi similar em tempos menores e maiores, indicando similaridade. Já a cultivar 4 obteve maior média de rendimento tanto em tempo menor, quanto em maior temperatura. Maiores rendimentos significam maior quantidade de grãos inteiros no produto, logo, quanto maiores os resultados de rendimento, melhor aproveitamento da matéria-prima teremos.

Conforme os resultados da pesquisa de Buggenhout et al. (2014) a porcentagem de grãos de arroz que se quebram durante a moagem em amostras de arroz parboilizado está relacionada às forças de flexão dos grãos; sendo que grãos fissurados e com barrigas brancas apresentam baixa resistência e se quebram facilmente, reduzindo assim o rendimento final do produto e estes defeitos estão relacionados a gelatinização incompleta. Assim, o aumento da pressão, aumentou o índice de grãos gelatinizado, reduzindo as fissuras que causariam maior índice de quebrados.

Figura 27

Rendimento em função da pressão(a) e do tempo(b) para cada cultivar aplicada ao processo de parboilização via autoclave.



Na avaliação de ANOVA do conjunto de dados, demonstrado na Tabela 10 mostra-se as análises de média, onde as cultivares e a pressão apresentaram significância estatística ($p < 0,05$) para a variável de resposta rendimento. Assim, pode-se dizer que a característica de cada cultivar é relevante para esta variável de resposta, porém, o manejo dado durante o processo produtivo pode afetar o resultado deste indicador, sendo seu valor aumentado em função da pressão devido à redução dos grãos fissurados (Leethanapanich et al., 2016b).

Tabela 10

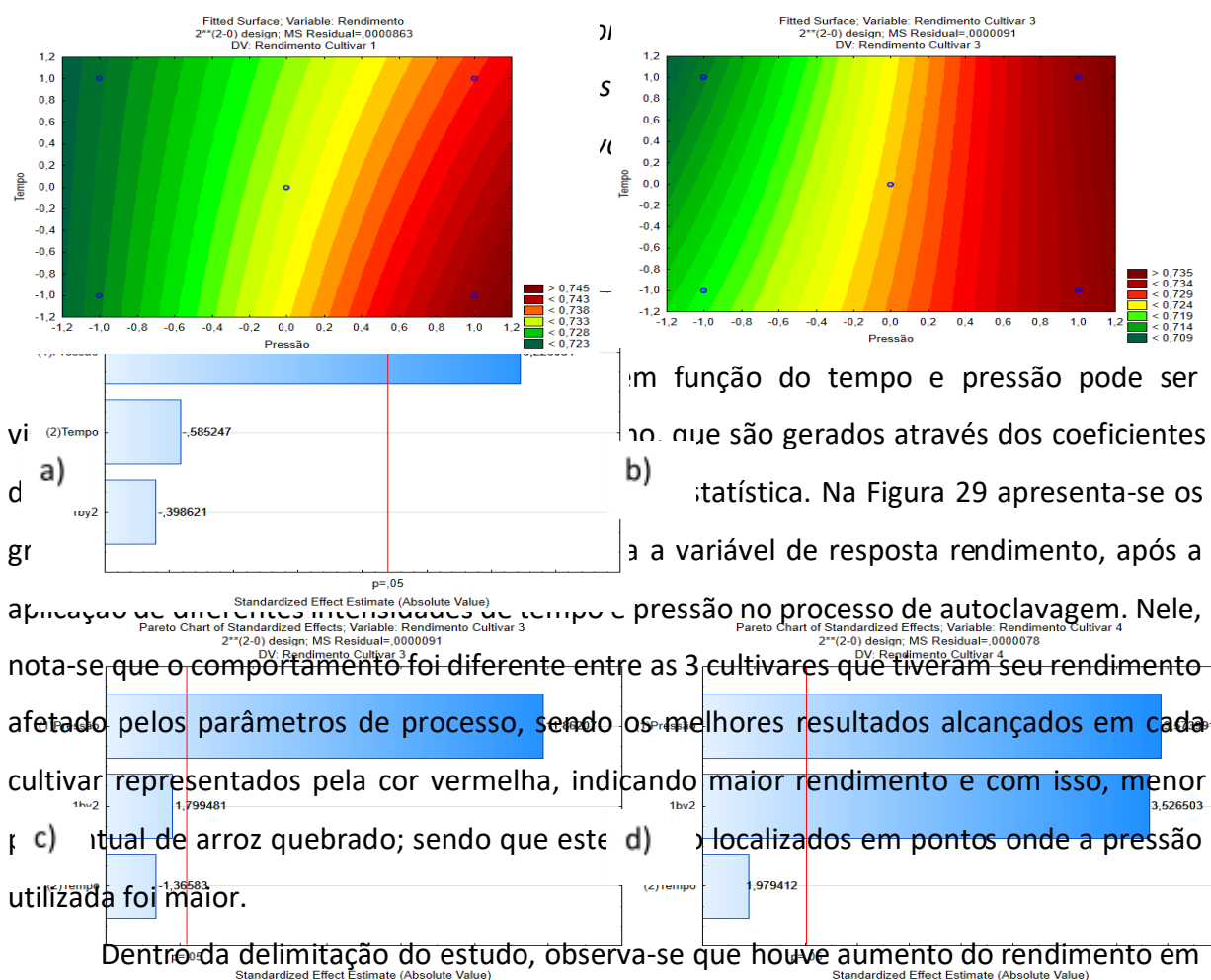
Análise de ANOVA para o conjunto de dados com variável de resposta rendimento, apresentando relevância para as variações de pressão e diferentes cultivares estudadas.

Fator	Variável: Rendimento; $R^2 = 0,7062$; Adj: 0,67294 2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0000473				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,004401	3	0,001467	31,02055	0,000000
Pressão*	0,001533	1	0,001533	32,40643	0,000001
Tempo	0,000025	1	0,000025	0,52286	0,472803
Pressão x Tempo	0,000066	1	0,000066	1,40516	0,241149
Erro	0,002507	53	0,000047		
Total SS	0,008535	59			

Uma vez que há significância estatística da cultivar na resposta, realizou-se a análise individual das cultivares, de modo a avaliar seu comportamento quanto ao processo produtivo para a variável rendimento. Na Figura 28 está a representação gráfica de Pareto para as quatro cultivares estudadas sendo que a resposta destas quanto os parâmetros foram diferentes para cada cultivar. A pressão foi significativa nas cultivares 1 (a), 3(c) e 4(d) enquanto a cultivar 2 (b) não houve significância em nenhum dos fatores.

No estudo de Alves (2019), verificou-se que o binômio genótipo e condição de parboilização influenciam nas propriedades térmicas, cristalinidade relativa e porosidade interna dos grãos, sendo essas propriedades importantes industrialmente, pois as mesmas remetem à firmeza e resistência a quebra dos grãos durante o beneficiamento, logo, afetam o rendimento do produto final.

Figura 28



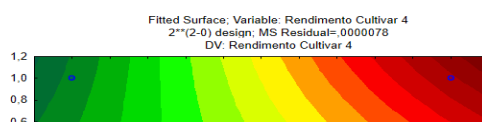
Dentro da delimitação do estudo, observa-se que houve aumento do rendimento em todas as cultivares, quando comparamos com a caracterização inicial, sendo que as condições foram mais significativas com a intensificação do processo, atingindo valores superiores a 73,8% em qualquer tempo para pressões de 0,75 kgf/cm² no caso da Cultivar 1 e 3, porém, houve uma limitação na Cultivar 3, que apresentou resultado máximo de 73,5% enquanto a Cultivar 1 alcançou 74,5%; já a Cultivar 4 apresentou este mesmo resultado superior a 73,8% em todas as condições de processo, tendo sua eficiência melhorada quando há aumento da pressão e tempo, atingindo 74,8%.

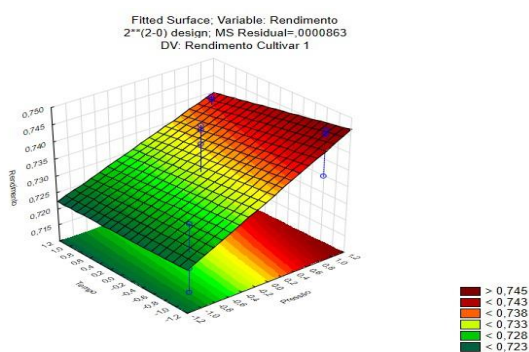
Figura 29

Superfícies de contorno para a variável de resposta rendimento, onde os valores mais relevantes industrialmente estão nas cores avermelhada, já que significam o maior potencial de grãos inteiros de cada cultivar. a) Cultivar 1; b) Cultivar 3; e c) Cultivar 4.

a)

b)





em 3D, é possível entender a influência daável de resposta, uma vez que a curvatura do tros afeta a variável de resposta. Na Figura 30 elos coeficientes de regressão, indicando o as, nela, é visível que a interação entre tempo ara a cultivar 4 (c), que foi o único que não possui superfície plana, sendo a sua torção a representação dessa interação entre os parâmetros de resposta.

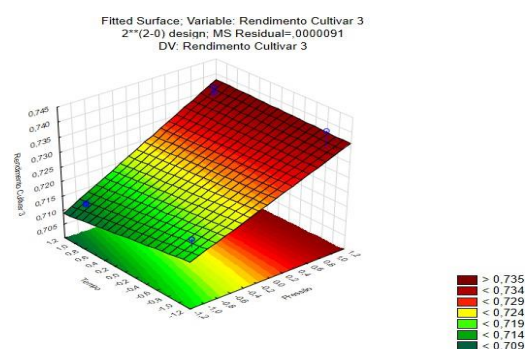
A ação dos fatores foi positiva na análise da equação de regressão gerada pelo modelo, indicando que os fatores relevantes na análise de Pareto afetam de forma a aumentar os resultados de rendimento. Este comportamento foi também observado por Patindol (2008) onde intensidades maiores durante o processo de parboilização geraram maior percentual de rendimento, e também na pesquisa de Leethanaphanich (2016b) uma vez que há a redução das fissuras aumentou a resistência dos grãos, e consequentemente houve o aumento dos grãos inteiros.

Figura 30

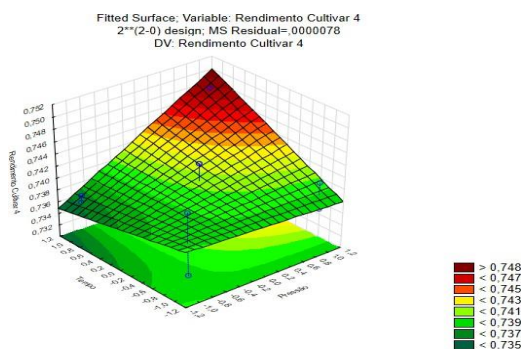
Gráficos de superfície de resposta para a variável de resposta rendimento, demonstrando as diferenças de comportamento de cada cultivar. Cultivar 1 (a), Cultivar 3 (b) e Cultivar 4 (c).

a)

b)



c)



$$a) \text{Rendimento Cultivar 1} = 0,732925 \pm 0,002398 + (0,008649 \pm 0,002681)x$$

$$b) \text{Rendimento Cultivar 3} = 0,725573 + 0,010329x \pm 0,000761$$

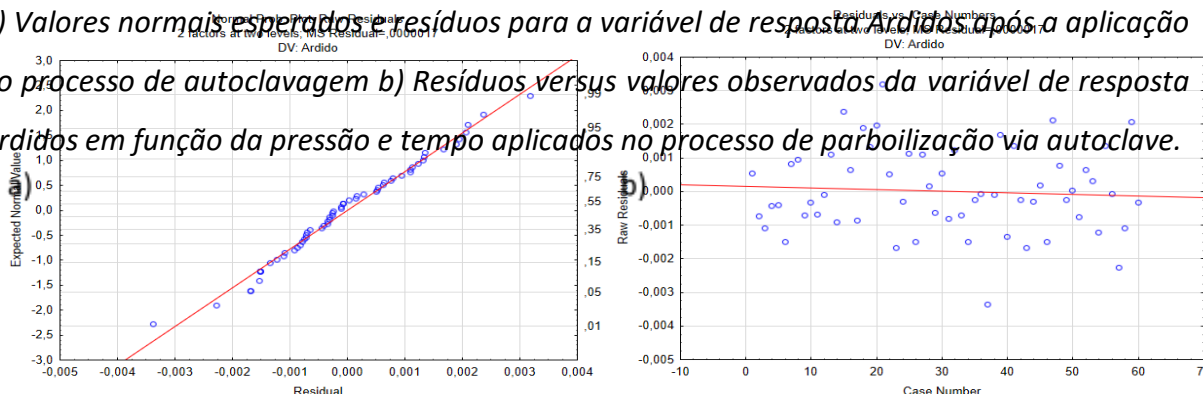
$$c) \text{Rendimento Cultivar 4} = 0,74045 \pm 0,00072 + (0,00288 \pm 0,00081)x + (0,00284 \pm 0,00081)xy$$

4.3.3 Grãos Ardidos e Enegrecidos

Na avaliação da normalidade, conforme Figura 31 os residuais seguem o estipulado pelos valores normais esperados, confirmando a suposição de que a normalidade é verdadeira. A aleatoriedade apresentada no gráfico da Figura 31, assim como no caso do rendimento, demonstra a homocedasticidade da amostra, assim podemos seguir com a suposição de variância constante para a análise de ANOVA.

Figura 31

a) Valores normais esperados e resíduos para a variável de resposta Ardidos após a aplicação do processo de autoclavagem b) Resíduos versus valores observados da variável de resposta Ardidos em função da pressão e tempo aplicados no processo de parboilização via autoclave.

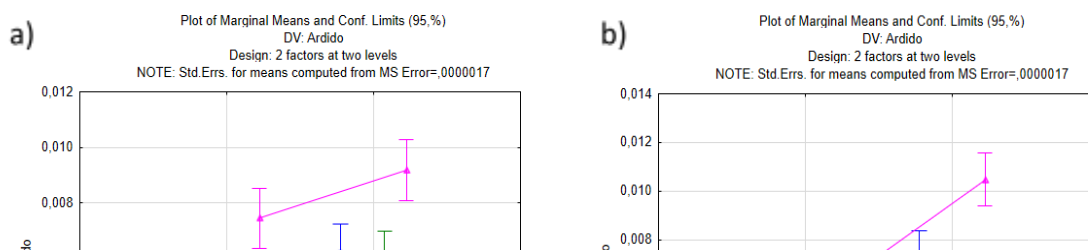


Na análise de médias, apresentado na Figura X,

Na análise de médias, apresentado na Figura 32, pode-se notar que as cultivares apresentaram inclinação indicando aumento da quantidade de ardidos com a intensidade do processamento tanto em pressões quanto em tempos maiores.

Figura 32

Gráfico de médias de tempo (a) e pressão (b) para cada cultivar quando à variável de resposta Ardidos.



A análise de ANOVA, apresentada na Tabela 11, corrobora com a apresentação de médias, onde os blocos apresentaram diferença significativa quanto à variável ardidos. Demonstrando assim, que as cultivares apresentaram resultados distintos durante processamento. Também, a pressão e tempo influenciaram na variável de resposta, podendo sua intensidade ter afetado a coloração de alguns grãos, tornando-os visivelmente mais amarelados/escurecidos que os demais grãos, destoando-os da amostra.

O comportamento do aumento de defeitos causados pela exposição prolongada a altas temperaturas durante a parboilização, o que intensifica reações químicas e provocando manifestação de manchas e outras alterações que estavam escondidas nos grãos antes desse processo foram observadas pelo estudo de Paraginsky (2014), corroborando com o aumento de grãos ardidos após a intensificação do processo.

Tabela 11

Análise de ANOVA para o conjunto de dados com variável de resposta ardidos, apresentando relevância para as variações de pressão e diferentes cultivares estudadas.

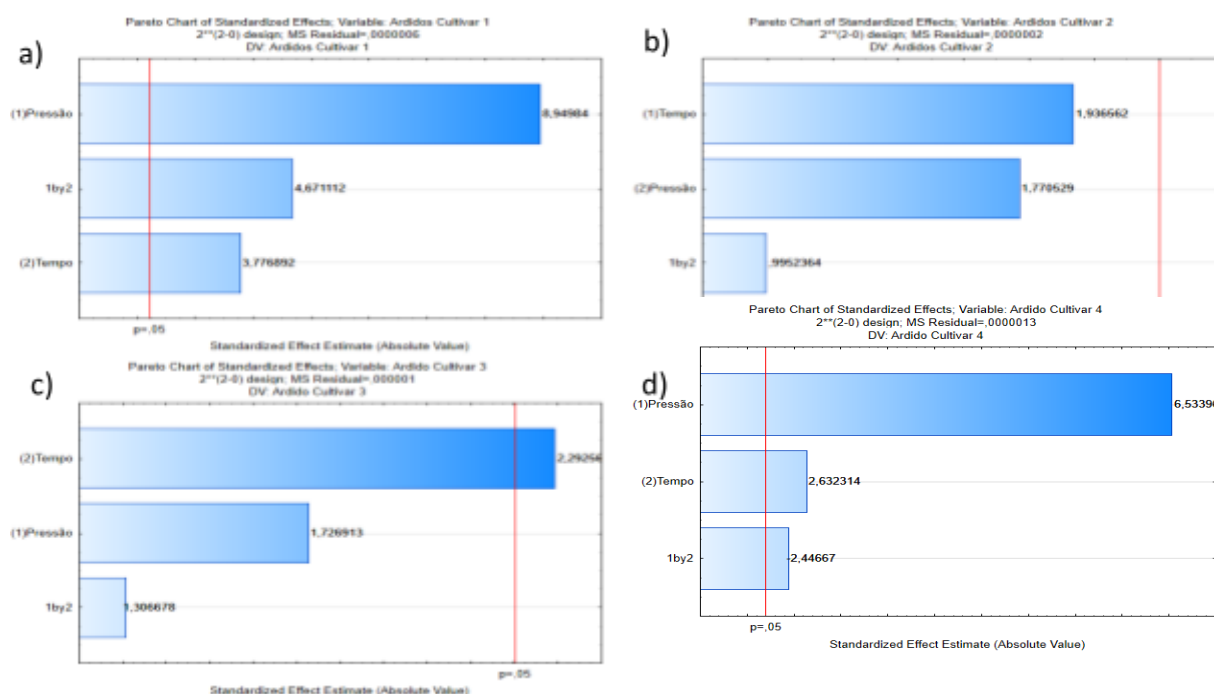
Fator	Variável: Ardidos; $R^2 = 0,79093$; Adj: 0,76726				
	2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0000017				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,000259	3	0,000086	49,41817	0,000000
Pressão*	0,000070	1	0,000070	39,89834	0,000000
Tempo*	0,000020	1	0,000020	11,47521	0,001336
Pressão x Tempo	0,000002	1	0,000002	0,87824	0,352936
Erro	0,000093	53	0,000002		
Total SS	0,000443	59			

Devido a existência de diferença entre as cultivares, conforme $p < 0,05$ para o fator blocos, foi realizada a análise de ANOVA individual para cada cultivar, avaliando o comportamento de cada uma nesta variável de resposta, apresentado na Figura 33. A cultivar 2 foi a única que não apresentou significância para o defeito de ardidos em nenhum dos fatores analisados, é provável que a mesma tenha se comportado desta maneira devido a delimitação do estudo, sendo necessário maior intensidade do processo de autoclavagem para gerar reação significativa nesta cultivar, logo, ela se mostra mais resistente à ação do

processo do que as demais quando a variável é para grãos ardidos nestas condições estudadas. Enquanto os demais, apresentaram significância para tempo, e exclusivamente para as cultivares 1 e 4, a interação entre os parâmetros e a pressão geraram significância na resposta de ardidos.

Figura 33

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta ardidos para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).



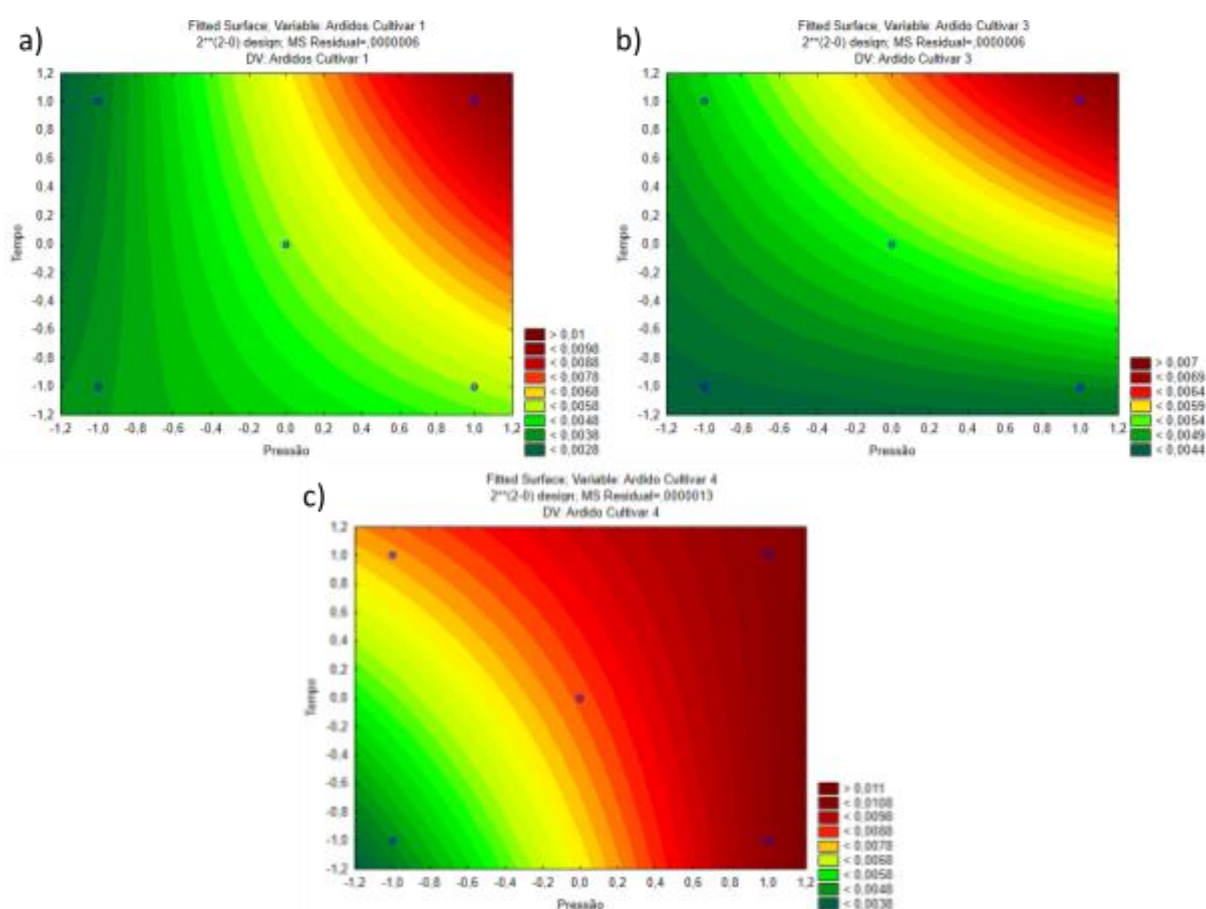
A existência de significância quando avaliado a influência de pressão e tempo na aplicação do processo de autoclavagem para a variável de resposta Ardidos é possível ser visualizada por intermédio dos gráficos de superfície de resposta, onde a inclinação curva do plano no eixo z indica que o fator de interação tempo por pressão (1 por 2) possui ação significativa na resposta. Conforme demonstrado na Figura 34, existe um aumento da resposta de ardidos à medida que a temperatura e pressão aumentam.

Sendo o ardido um defeito indesejado, observamos valores fora dos limites para tipo 1 de legislação para todas as aplicações de processo, porém, apresentando valores inferiores à 0,40% na Cultivar 1 em qualquer tempo, com pressão de 0,25kgf/cm²; no tempo de 5

minutos e pressão de 0,25kgf/cm² para a Cultivar 3; e em nenhuma aplicação para a Cultivar 4, que apresentou valores superiores já no processo mais brando (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009).

Figura 34

Gráficos de superfície de contorno representando a ação da temperatura e tempo na variável de resposta ardidos durante intensificação do processo de autoclavagem. Cultivar 1 (a), Cultivar 3 (b) e Cultivar 4(c).



As superfícies de resposta e equações do modelo estão descritas na Figura 35, apresentando a influência dos fatores sobre o resultado de ardidos. Nota-se que assim como nas superfícies de contorno, é visível o aumento do percentual de grãos ardidos à medida que há a intensidade do processo, seja no fator tempo, quanto no fator pressão. A intensificação do processo de parboilização pode tornar alguns os grãos escurecidos, a ponto que destoem da amostra de trabalho, esse processo ocorre através da reação de *Maillard*,

que afeta grupos carbônica, açúcares redutores, aminoácidos, peptídeos e proteínas, e explica o aumento do percentual destes grãos quando comparados com processamentos mais brandos (G. Amato et al., 2002; Lamberts et al., 2008).

Figura 35

Superfícies de resposta referente à variável ardidos para as cultivares que obtiveram significância quanto à ação do tempo e pressão, sendo a) Cultivar 1; b) Cultivar 3; e c) Cultivar 4

a)

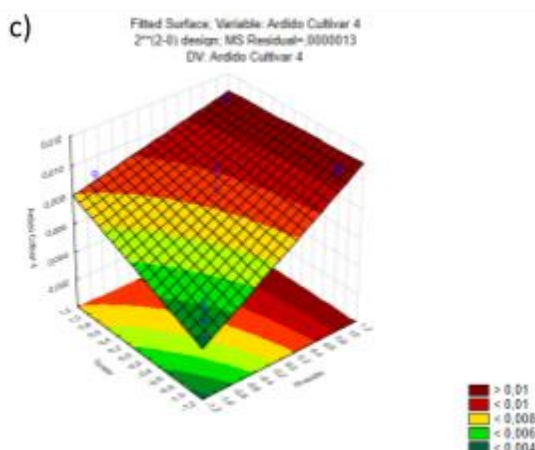
$$a) \text{ Ardidos Cultivar 1} = 0,005423 \pm 0,000195 + (0,001953 \pm 0,000218)x + (0,000824 \pm 0,000218)y + (0,001019 \pm 0,000218)xy$$

$$b) \text{ Ardidos Cultivar 3} = 0,005252 \pm 0,000228 + (0,000671 \pm 0,000228)y$$

$$c) \text{ Ardidos Cultivar 4} = 0,008348 \pm 0,000295 + (0,002153 \pm 0,000329)x + (0,000867 \pm 0,000329)y - (0,000806 \pm 0,000329)xy$$

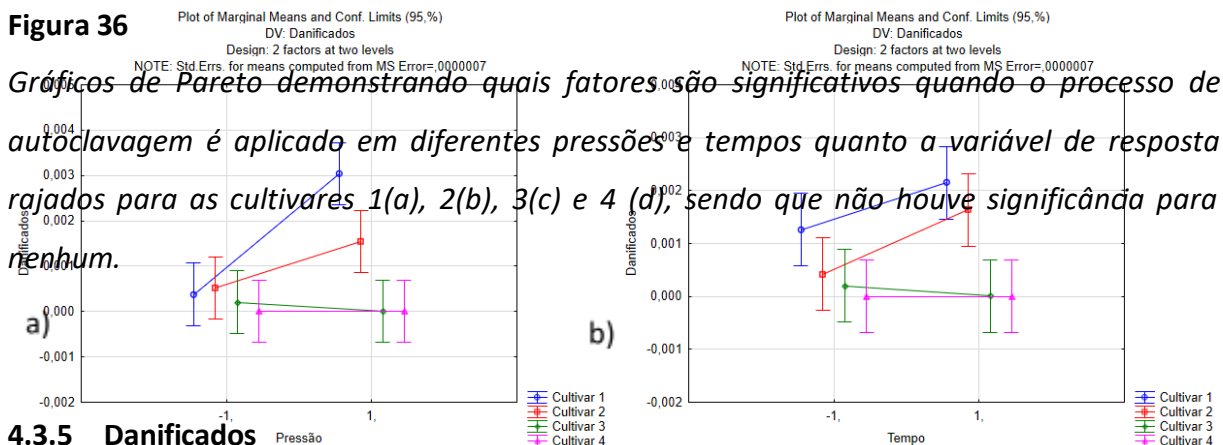
4.3.4 Rajados

As cultivares analisadas não apresentaram alteração significativa para o parâmetro de rajados, independentemente da intensidade da aplicação do processo, conforme



apresentado na Figura 36, onde nenhum fator foi relevante para nenhuma das cultivares. Conforme a Instrução Normativa Nº 06 do Ministério da Agricultura e Pecuária (2009), sendo o rajado um grão vermelho ou preto que foi polido. Desta forma a sua presença não deve ser aumentada pela aplicação de processo e sua redução em algumas amostras pode ser explicada pelo aumento do diâmetro do grão, facilitando a retirada completa do pericarpo colorido.

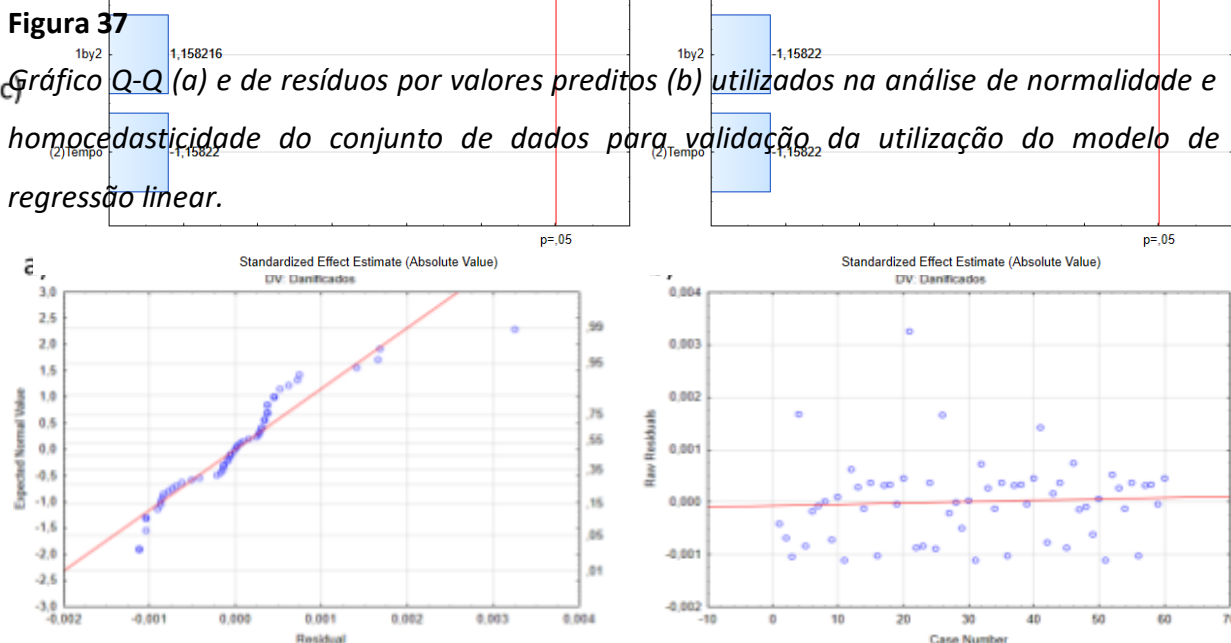
Figura 36



4.3.5 Danificados

Na análise de normalidade e homocedasticidade, apresentados na Figura 37, há a presença de 1 ponto outlier, porém, seguiu-se com a suposição de normalidade do conjunto de dados. A aleatoriedade assegura a homocedasticidade do conjunto.

Figura 37



Na análise de médias, graficamente demonstrada na Figura 38, é possível notar maior inclinação da resposta de danificados em função da pressão (a) para a cultivar 1 quando comparado com os demais. Também é possível notar maior inclinação para a cultivar 1 e 2 quando avaliado o tempo médio de cada cultivar, indicando significância para este fator.

Figura 38

Gráficos de média para a variável de resposta danificados em função da pressão(a) e tempo(b).

a)

b)

A análise de ANOVA, apresentada na Tabela 12, indica que observando todo o conjunto de dados, os blocos apresentaram significância no resultado, assim como a pressão, devido a apresentarem valores de p menores do que 0,05.

Tabela 12

Análise de ANOVA para o conjunto de dados com variável de resposta danificados, apresentando relevância para as variações de pressão e diferentes cultivares estudadas.

Fator	Variável: Danificados; $R^2 = 0,51004$; Adj: 0,44409 2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0000007				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,000020	3	0,000007	9,55010	0,000040
Pressão*	0,000009	1	0,000009	12,80678	0,000758
Tempo	0,000003	1	0,000003	3,89737	0,053685
Pressão x Tempo	0,000003	1	0,000003	4,43561	0,040042
Erro	0,000036	52	0,000001		
Total SS	0,000074	59			

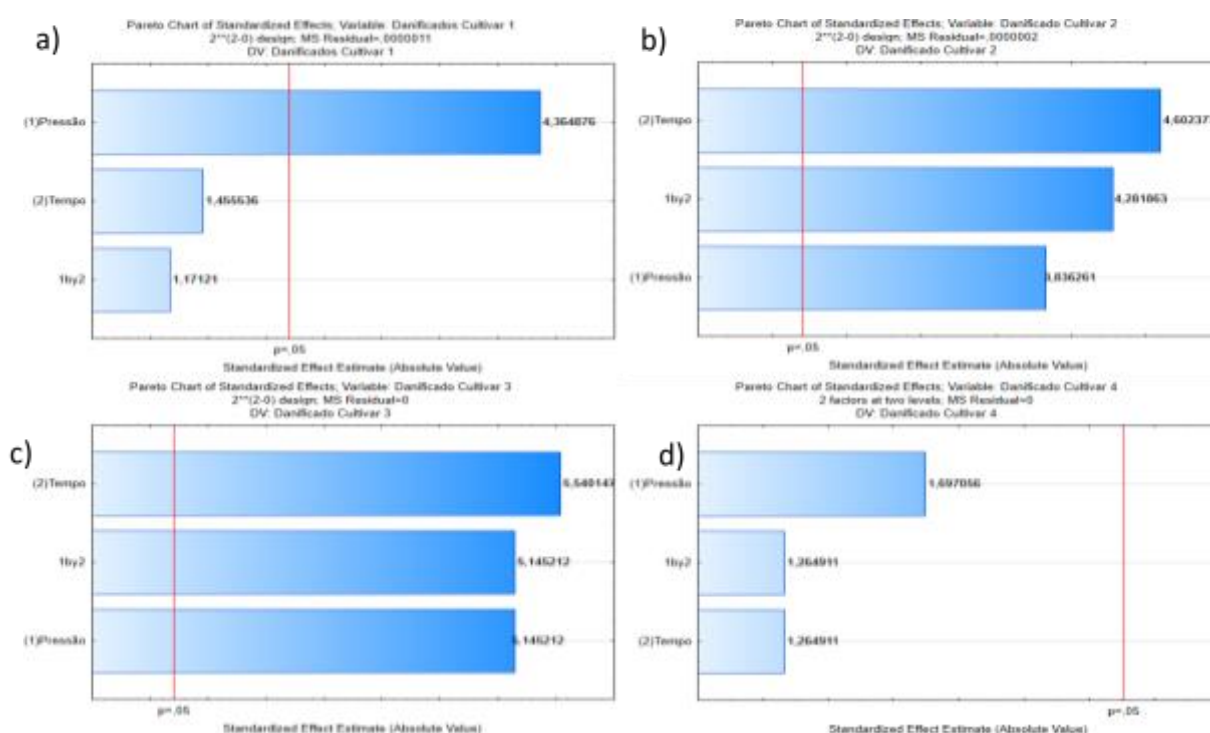
Após a análise de variância do conjunto completo de dados, foi realizado também a análise individual quanto a variável de resposta Danificados, apresentado através do gráfico de Pareto na Figura 39. Nele, podemos concluir que para a cultivar 1 apenas a pressão se mostrou significativa para influenciar no defeito de danificados; já para as cultivares 2 e 3, todos os fatores e a interação entre pressão e tempo também geraram influência no resultado final; enquanto na cultivar 4 nenhum dos fatores gerou alteração no resultado de danificados.

Os grãos danificados são gerados exclusivamente em processo, devido à ação do calor, fazendo-o deformar/pipocar sendo intensificado em função do tempo e pressão de autoclavagem (L. H. Silva, 2003). A ausência de significância para a Cultivar 4 na análise de Pareto da Figura 38d pode ser explicada devido a limitação do processo estatístico, que indica que o processo não gerou aumento no percentual de danificados, logo, seria necessário ultrapassar a intensidade aplicada nesta pesquisa para gerar aumento significativo nesta cultivar, indicando que há diferenças entre ela quanto as características, quando comparada as demais, características estas que podem ser a sua temperatura de

gelatinização, entalpia de hidratação ou outras. Por estes motivos, não foi possível modelar o comportamento desta cultivar quanto a este defeito.

Figura 39

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta danificados para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).



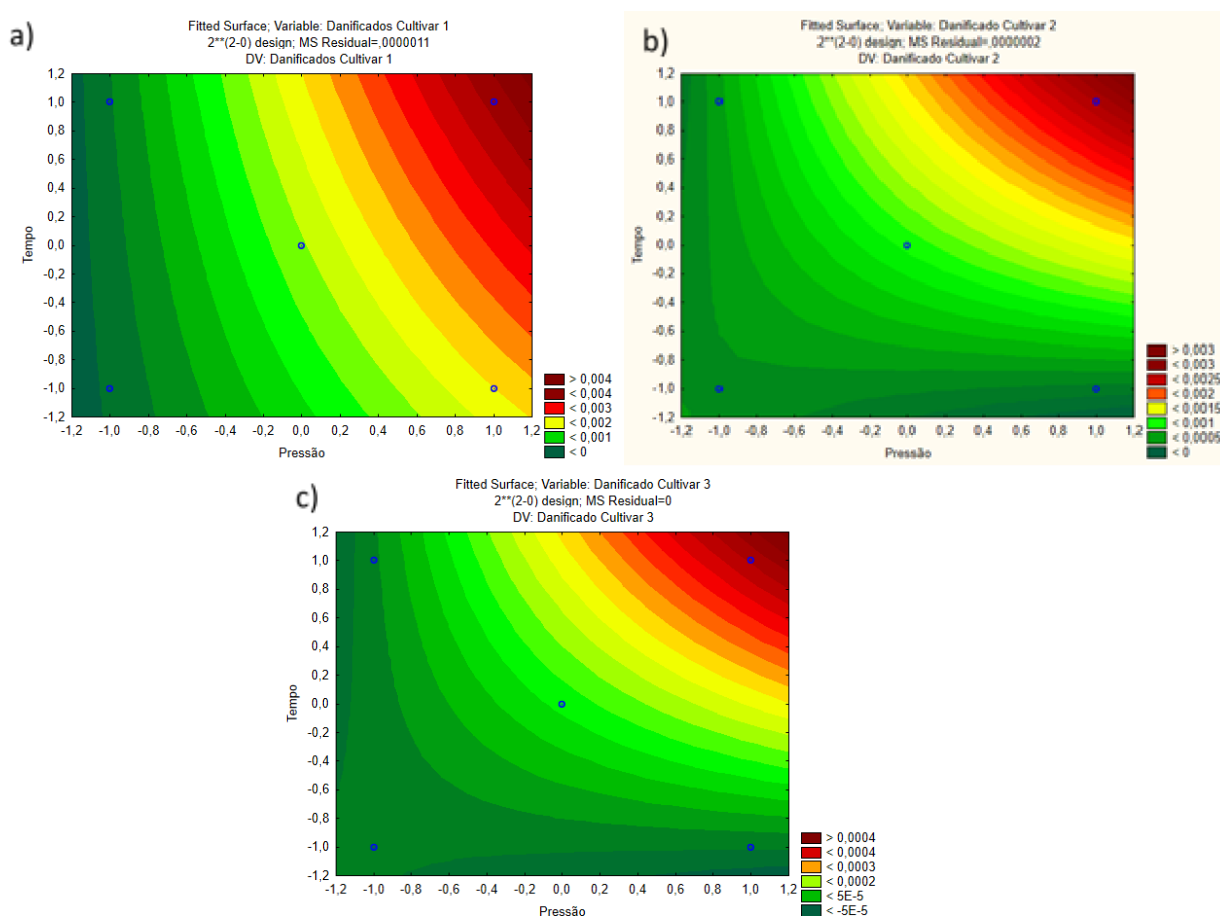
Como a cultivar 4 não apresentou alteração nesta variável de resposta quanto a alteração de pressão e tempo durante processamento, seguiu-se com a análise de superfície de contorno apenas das outras 3 cultivares. Assim, na Figura 40 estão as superfícies de contorno, demonstrando que com o aumento da pressão e do tempo, houve aumento na resposta de danificados. Assim, o aumento na intensidade provoca aumento neste defeito. Na pesquisa de Silva (2016) sobre os efeitos da umidade inicial do arroz no processo de encharcamento, os resultados apontam o mesmo comportamento, sendo que quanto maiores forem o tempo e a temperatura, mais intensas são as deformações, resultando em maior abertura da casca e aumento de defeitos, especialmente em grãos danificados.

Observando os resultados dentro da delimitação do planejamento experimental, observa-se que utilizando o limite de legislação para tipo 1 de 0,5% deste defeito, as três

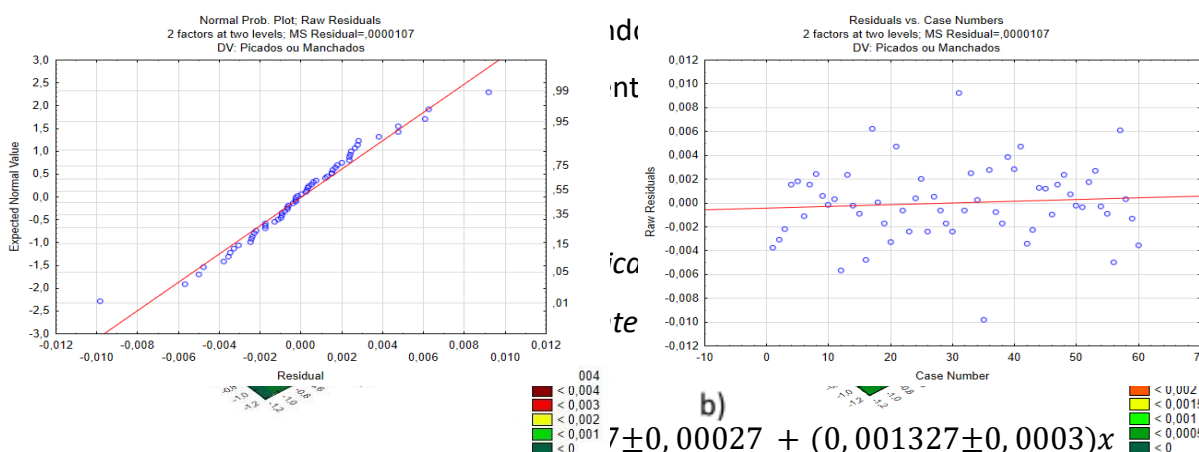
apresentaram resultados dentro do limite para todas as intensidades de processo, sendo a Cultivar 3 a que menos foi afetada, sendo seu resultado 10 vezes menor nos máximos representados (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009).

Figura 40

Superfícies de contorno das cultivares que tiveram fatores relevantes após análise de ANOVA, demonstrando a influência de pressão em tempo na quantidade final de grãos danificados. Cultivar 1 (a), Cultivar 2 (b) e Cultivar 3 (c).



Assim como na superfície de contorno, é possível construir o gráfico de superfície de resposta para avaliar o impacto da pressão e tempo na variável de resposta, conforme demonstrado na Figura 41, que representa um plano reto para a cultivar 1, já que a interação entre a pressão e o tempo não afetou os resultados encontrados; já as cultivares 2 e 3 apresentam curvatura em seu plano, ilustrando a influência da interação entre os dois fatores na variável de resposta. As equações de regressão demonstram que todos os fatores



$$b) \text{ Danificados Cultivar 2} = 0,0009 \pm 0,00012 + (0,00051 \pm 0,00013)x + (0,00061 \pm 0,00013)y + (0,00057 \pm 0,00013)xy$$

$$c) \text{ Danificados Cultivar 3} = 0,00008 \pm 0,00002 + (0,000096 \pm 0,00002)x + (0,000104 \pm 0,000019)y + (0,000096 \pm 0,000019)xy$$

4.3.6 Picados ou manchados

Para a análise, a avaliação de normalidade e homocedasticidade foi aplicada aos dados, através da análise dos gráficos apresentado na Figura 42, demonstrando que podemos considerar normal a distribuição, devido a linearidade dos dados, e validando a suposição de homocedasticidade.

Figura 42

Gráfico Q-Q e de resíduos por valores previstos referentes à análise de normalidade e homocedasticidade da variável de resposta picados ou manchados.

a)

b)

O defeito de manchados ou picados está relacionado à presença de manchas ou pontos escuros, sejam eles causados por processos enzimáticos oriundos de picadas de insetos ou aplicação de calor, que afetem o grão de forma não maior do que 25% de sua área. Na análise de médias, apresentado na Figura 43, observar que independente da aplicação do processo de parboilização, a Cultivar 3 apresentou resultados maiores de picados ou manchados, isso ocorre devido aos resultados iniciais da Cultivar, que já havia apresentado valores para este defeito em quantidade significativamente superiores quando comparadas às demais.

Figura 43

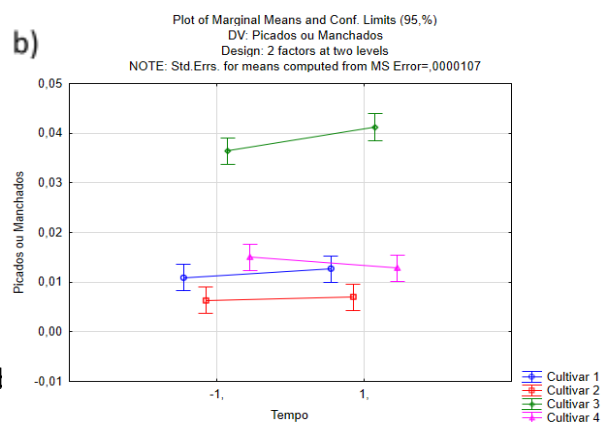


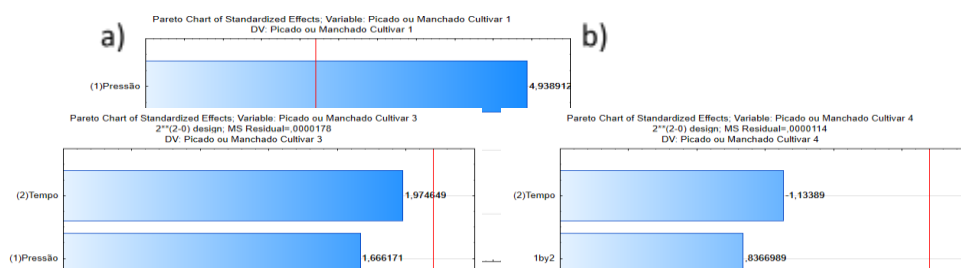
Tabela 13

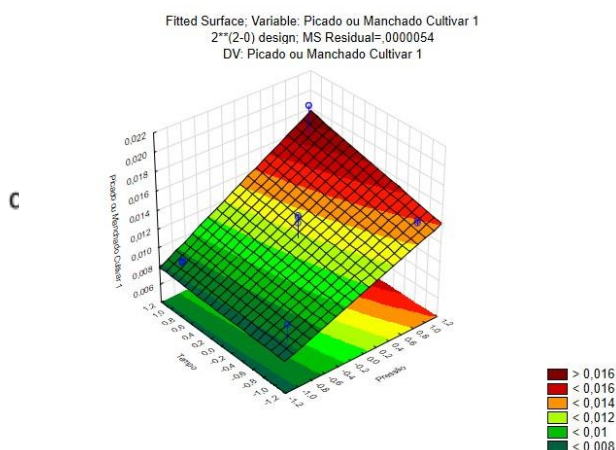
Fator	Variável: Picados ou Manchados; R² = 0,93956; Adj: 0,93272				
	2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0000107				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,008701	3	0,002900	270,3295	0,000000
Pressão*	0,000113	1	0,000113	10,5097	0,002056
Tempo	0,000018	1	0,000018	1,7101	0,196621
Pressão x Tempo	0,000007	1	0,000007	0,6798	0,413346
Erro	0,000569	53	0,000011		
Total SS	0,009408	59			

Para análise do comportamento das cultivares de forma individual, realizou-se a análise de variância, representado graficamente através do gráfico de Pareto, na Figura 44, onde podemos verificar que a pressão se mostrou significativa apenas para a cultivar 1, enquanto nas demais, o processo não gerou alterações significativas.

Figura 44

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta picados ou manchados, para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).



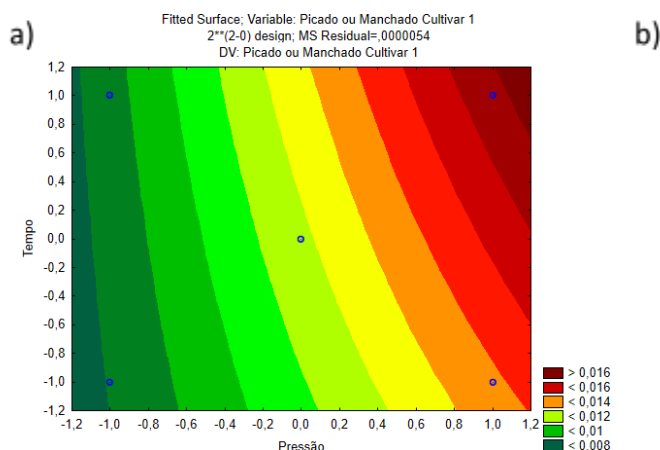


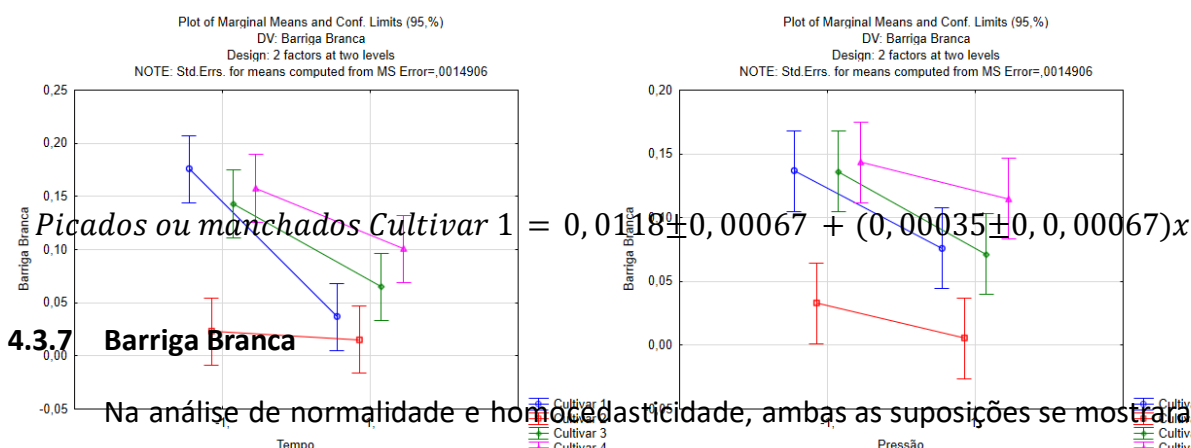
Após a análise de variância, a superfície de contorno e superfície de resposta foi gerada para a cultivar 1, único a apresentar fator com significância para este defeito. Estes gráficos estão representados na Figura 45 e podemos verificar que houve aumento no percentual de picados ou manchados à medida que a pressão aumenta.

O efeito da pressão sob a cultivar 1 pode ser explicado pelo aumento da reação de *Maillard* sobre esta cultivar, durante a etapa de autoclavagem, onde o excesso do calor em determinada parte do grão pode ter gerado manchas escuras em parte menor do que 25% de sua área, gerando o defeito picados ou manchados. As demais cultivares não apresentaram aumento significativo no percentual deste defeito em função da intensificação do processo de parboilização nas condições testadas. Avaliando os resultados da Figura 45a, observa-se que mesmo utilizando o maior tempo (15 minutos) e maior pressão (0,75 kgf/cm²) o resultado permanece dentro dos limites de legislação (Instrução Normativa MAPA Nº 06, 2009).

Figura 45

Superfície de contorno (a) e superfície de resposta (b) para a cultivar 1, em relação à variável de resposta picados ou manchados após o processo de parboilização.





Na análise de normalidade e homocedasticidade, ambas as suposições se mostraram verdadeiras conforme análise da Figura 45, podendo assim, seguir com a suposição inicial e permitindo a aplicação do modelo de regressão linear para a variável de resposta barriga branca.

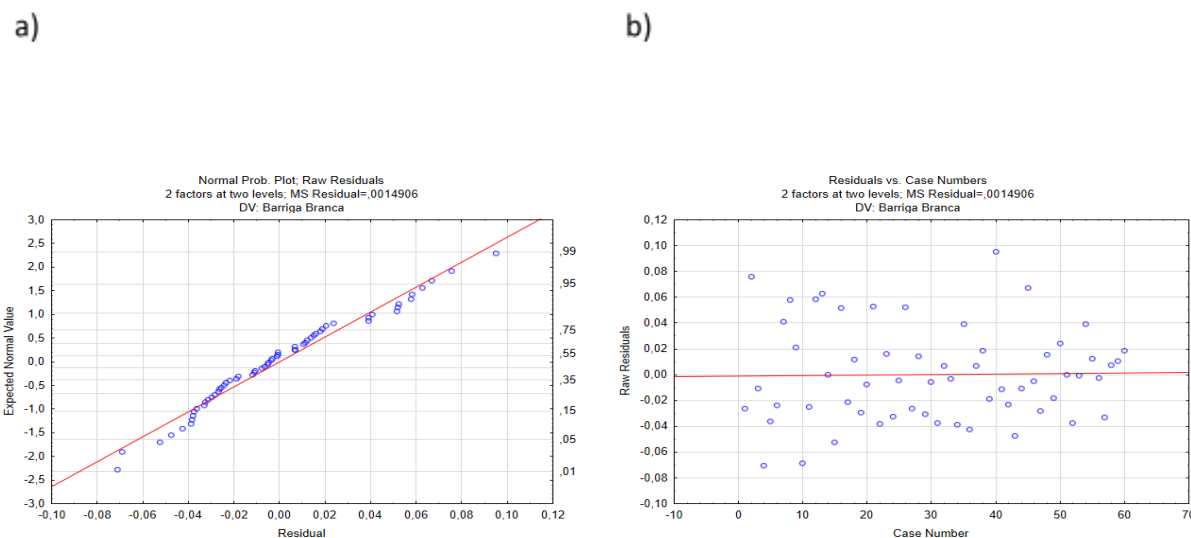
Figura 46

Gráfico de Q-Q (a) e de Resíduos versus Valores preditos (b) utilizados na avaliação de normalidade e homocedasticidade para o defeito barriga branca.

a) A análise das médias de barriga branca está apresentada na Figura 47, onde é possível verificar que a cultivar 2 apresentou resultados baixos mesmo em baixas condições de processo.

Figura 47

Gráfico de médias para cada cultivar analisada em função de Tempo (a) e Pressão (b) para a variável de resposta barriga branca.



Na análise de ANOVA, apresentada na Tabela 14, percebe-se que as cultivares, a pressão e o tempo tiveram influência no resultado de barriga branca ao longo do processo, apresentando significância na análise de variância.

Tabela 14

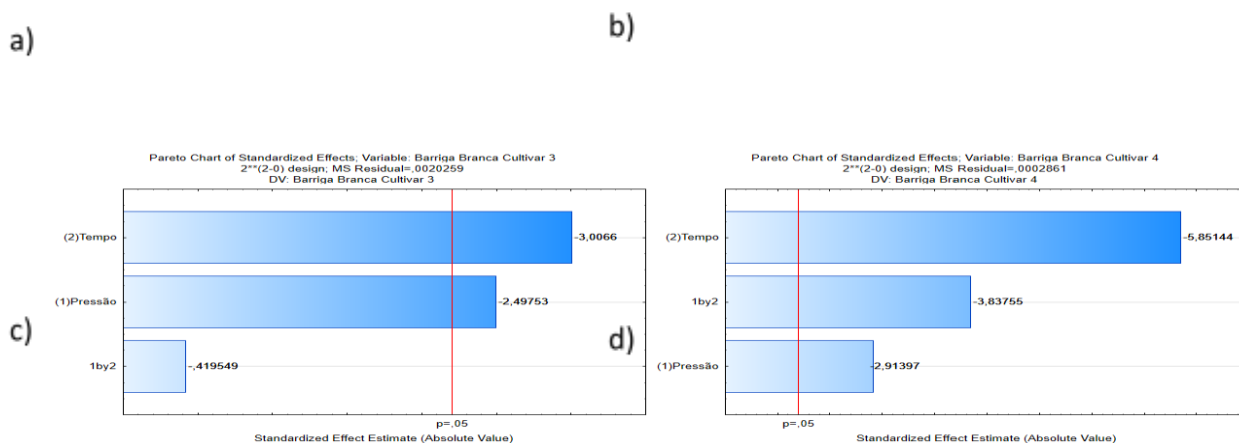
Análise de ANOVA para a variável Barriga branca com avaliação dos fatores Blocos (cultivares), pressão, tempo, interação entre pressão e tempo.

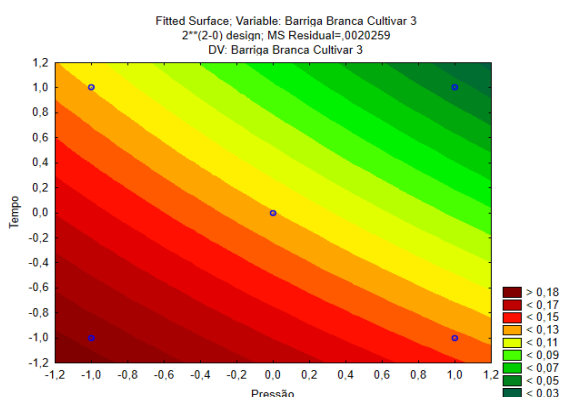
Fator	Variável: Barriga branca; $R^2 = 0,72386$; Adj: 0,6926 2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,0014906				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,121474	3	0,040491	27,16404	0,000000
Pressão*	0,024601	1	0,024601	16,50393	0,000161
Tempo*	0,059641	1	0,059641	40,01097	0,000000
Pressão x Tempo	0,001377	1	0,001377	0,92365	0,340882
Erro	0,079003	53	0,001491		
Total SS	0,286095	59			

Após a análise de ANOVA com todas as cultivares, foi realizada a análise individual das cultivares, avaliando a influência de cada fator em cada cultivar estudada, onde a Figura 48, representa graficamente quais fatores se mostraram significativos através do gráfico de Pareto. Neste, para as cultivares 1 e 3 a pressão e tempo se mostraram significativos para a alteração do resultado; já para as cultivares 2 e 4 além da influência da pressão e tempo, a interação destes dois fatores também apresentou significância para o resultado final.

Figura 48

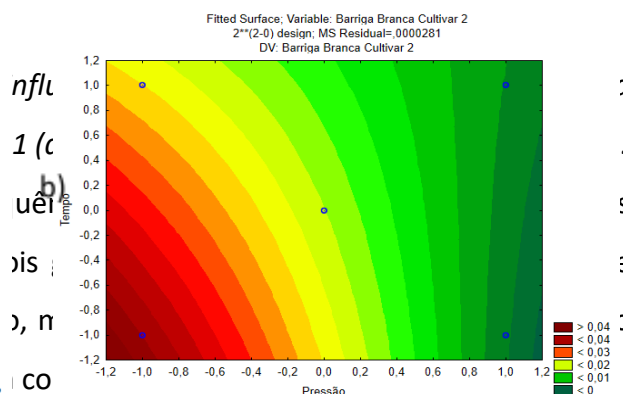
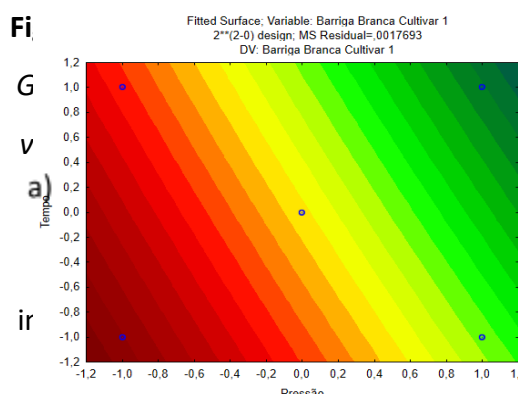
Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta barriga branca para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).





tores são relevantes, porém, através dos gráficos como estes fatores afetam a variável de resposta, da que há aumento da pressão e tempo, há a ando que a intensificação do processo auxilia no controle deste defeito. Fonseca (2009) observou o comportamento de barriga-branca concluindo que a sua redução após a parboilização se dá pois os espaços porosos e o ar dos grãos imaturos foram substituídos por água aquecida, resultando resultou na reorientação das moléculas de amilose e amilopectina, e aumentando a resistência dos grãos a operações de fricção.

Este defeito que não está definido em legislação, mas é avaliado pela indústria devido ao seu impacto visual, apresentou os menores resultados para a Cultivar 2, que em qualquer condição de processo exibiu resultados inferiores a 4%. Já as Cultivares 1 e 3 apresentaram resultados inferiores a 4% apenas quando o tempo e a pressão aplicada foram máximos (15 minutos, 0,75kg/cm²); e a Cultivar 4 não atingiu este valor dentro do planejamento experimental, mesmo que seu comportamento tenha sido que redução deste defeito com a intensificação do processo.

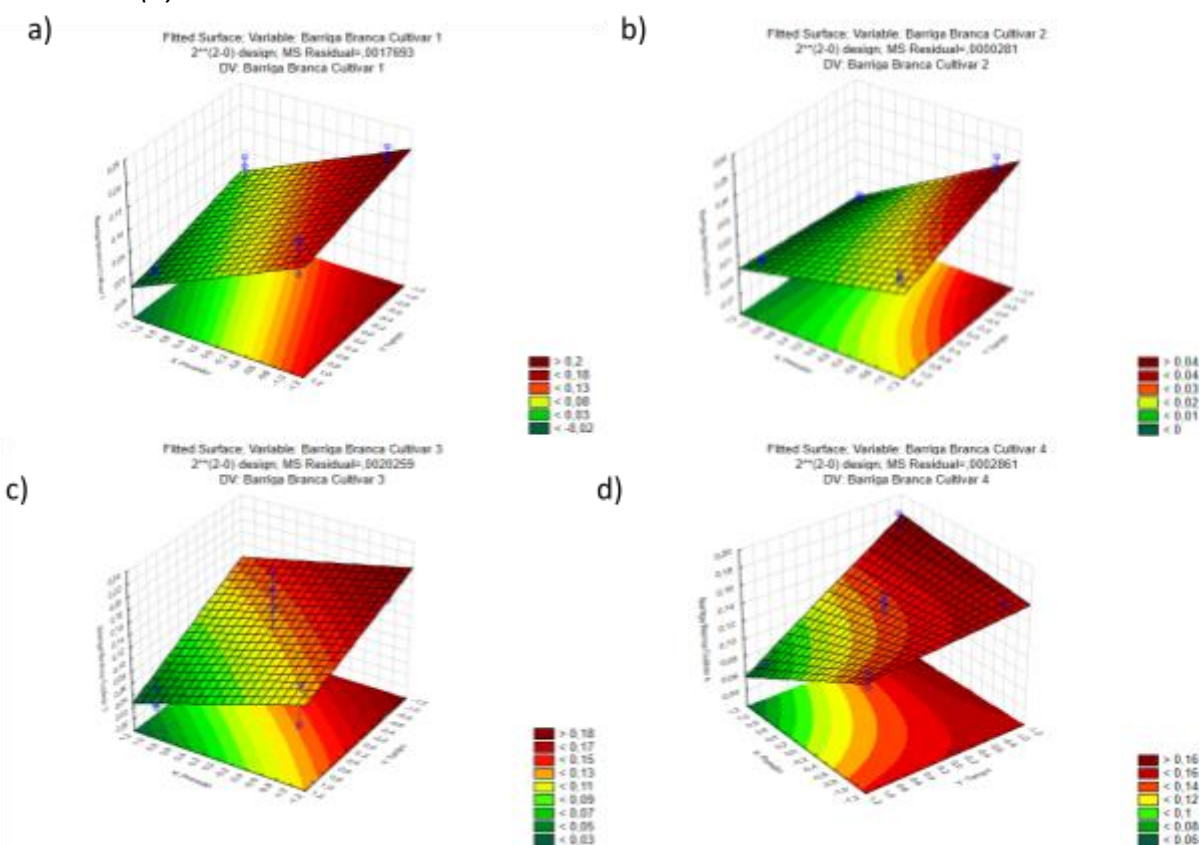


de barriga branca com o aumento do tempo e pressão, corroboram com o trabalho de Buggenhout et al. (2014) e Leethanapanich et al. (2016b) que indicam que o aumento de pressão e tempo de autoclavagem são suficientes para a redução do percentual de grãos com hilo central branco, sendo que todas as cultivares apresentaram este comportamento.

Na Figura 50, representa-se a superfície de resposta da variável barriga branca, em função da pressão e tempo em processo de autoclavagem, onde podemos verificar que no caso de curvatura do plano, há influência da interação entre os dois fatores analisados.

Figura 50

Superfícies de contorno com os planos de resposta da variável Barriga branca em função das diferentes pressões e tempos aplicados em processo de autoclavagem. Devido a visualização, os gráficos estão rotacionados horizontalmente. Cultivar 1 (a), Cultivar 2(b), Cultivar 3 (c) e Cultivar 4 (d)



$$a) \text{ Barriga Branca Cultivar 1} = 0,09311 \pm 0,01086 - (0,06951 \pm 0,01214)x - (0,03022 \pm 0,01214)y$$

$$b) \text{ Barriga Branca Cultivar 2} = 0,1759 \pm 0,00137 - (0,02731 \pm 0,00306)x - (0,0077 \pm 0,00306)y + (0,0096 \pm 0,00306)xy$$

$$c) \text{ Barriga Branca Cultivar 3} = 0,1207 \pm 0,011622 - (0,03245 \pm 0,012993)x - (0,0391 \pm 0,012993)y$$

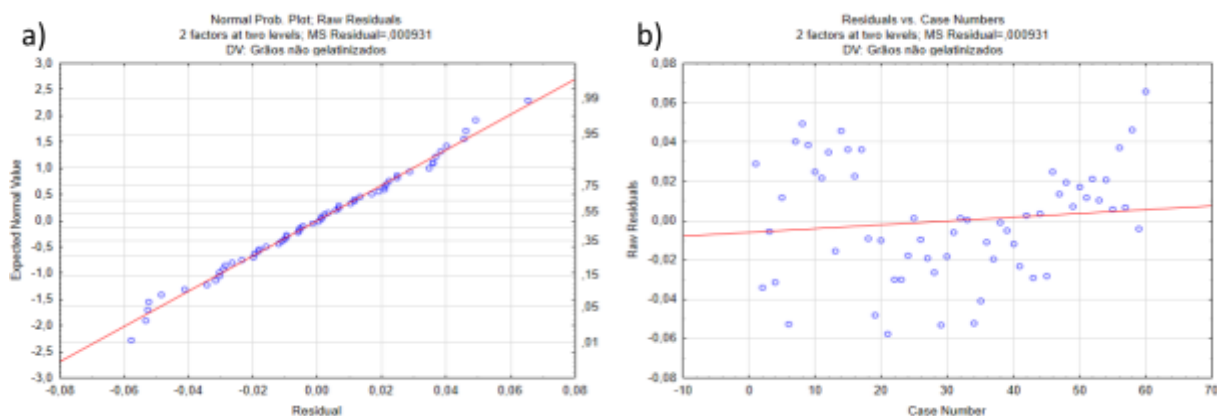
$$d) \text{ Barriga Branca Cultivar 4} = 0,1337 \pm 0,00437 - (0,01423 \pm 0,00488)x - (0,0286 \pm 0,00488)y - (0,0187 \pm 0,00488)xy$$

4.3.8 Grãos não gelatinizados (GNG)

Na análise de normalidade e homocedasticidade, ambas as suposições se mostraram verdadeiras conforme análise da Figura 51, podendo assim, seguir com a suposição inicial e permitindo a aplicação do modelo de regressão linear para a variável de resposta grãos não gelatinizados.

Figura 51

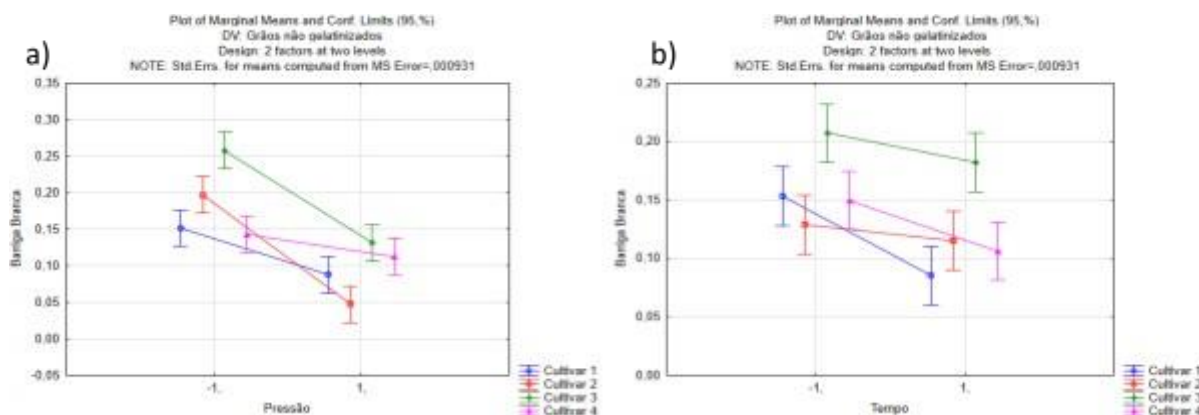
Gráfico de Q-Q (a) e de Resíduos versus Valores preditos (b) utilizados na avaliação de normalidade e homocedasticidade da variável de resposta grãos não gelatinizados (GNG).



A análise das médias para a variável grãos não gelatinizados estão apresentados na Figura 52, onde é possível verificar que as médias diminuíram em função do aumento da pressão (a) e tempo (b), sendo este comportamento o esperado para este defeito, uma vez que o aumento da pressão e tempo provoca uma melhor gelatinização, logo, menos grãos estarão completamente não gelatinizados (Elias et al., 2015).

Figura 52

Gráfico de médias para cada cultivar analisada em função de Pressão(a) e Tempo (b) para os



grãos não gelatinizados.

Na análise de ANOVA, apresentada na Tabela 15, podemos notar que as cultivares, a pressão e o tempo tiveram influência no resultado de grãos não gelatinizados ao longo do processo, apresentando significância na análise de variância.

Tabela 15

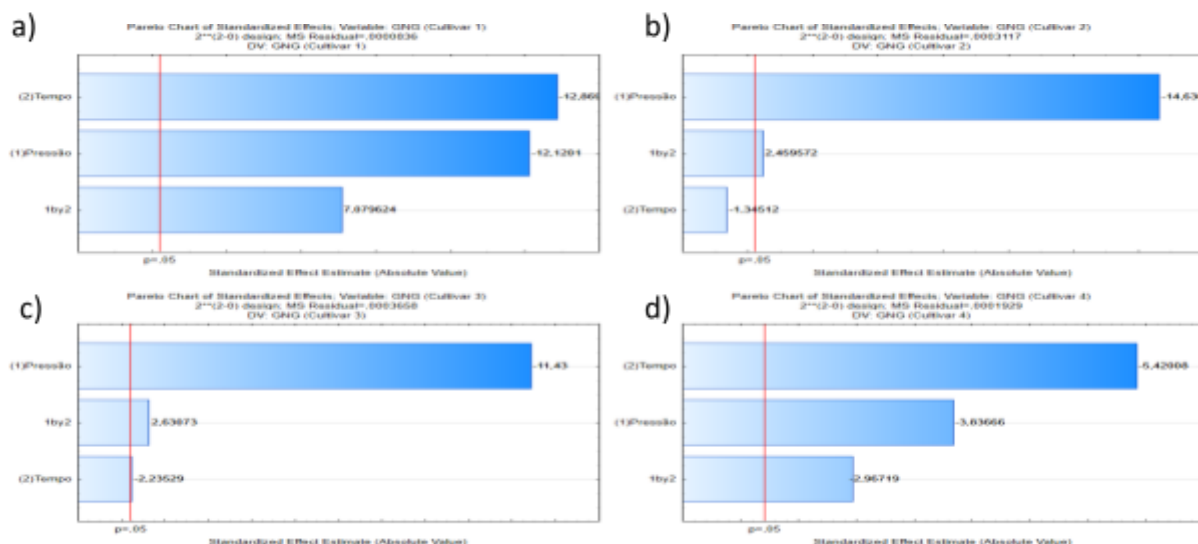
Análise de ANOVA para a variável GNG com avaliação dos fatores Blocos (cultivares), pressão, tempo, interação entre pressão e tempo.

Fator	Variável: Grãos Não Gelatinizados; $R^2 = 0,78542$; Adj: 0,76113				
	2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,000931				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,057608	3	0,019203	20,6263	0,000000
Pressão*	0,102726	1	0,102726	110,3423	0,000000
Tempo*	0,016829	1	0,016829	18,0770	0,000086
Pressão x Tempo	0,003438	1	0,003438	3,6931	0,060021
Erro	0,049342	53	0,000931		
Total SS	0,229943	59			

Após a análise de ANOVA com todas as cultivares, foi realizada a análise individual, avaliando a influência de cada fator em cada cultivar, onde a Figura 53, representa graficamente quais fatores se mostraram significativos através do gráfico de Pareto. Neste, para as cultivares 1(a), 3(c) e 4(d) a pressão, tempo e interação se mostraram significativos para a variação dos resultados; já para a cultivar 2(b) apenas houve influência da pressão e interação.

Figura 53

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta GNG para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).



A análise da ANOVA indicou quais fatores são relevantes, mas é nos gráficos de superfície de contorno, da Figura 54, que podemos avaliar como estes fatores afetam os grãos não gelatinizados, conforme há o aumento da pressão e tempo, há a redução do percentual de grãos não gelatinizados (GNG). Sendo os grãos não gelatinizados aqueles que não tiveram nenhuma parte gelatinizada no processo, desta forma, a intensificação do processo produtivo provoca a redução dos GNG à medida que acontece a gelatinização de toda a amostra.

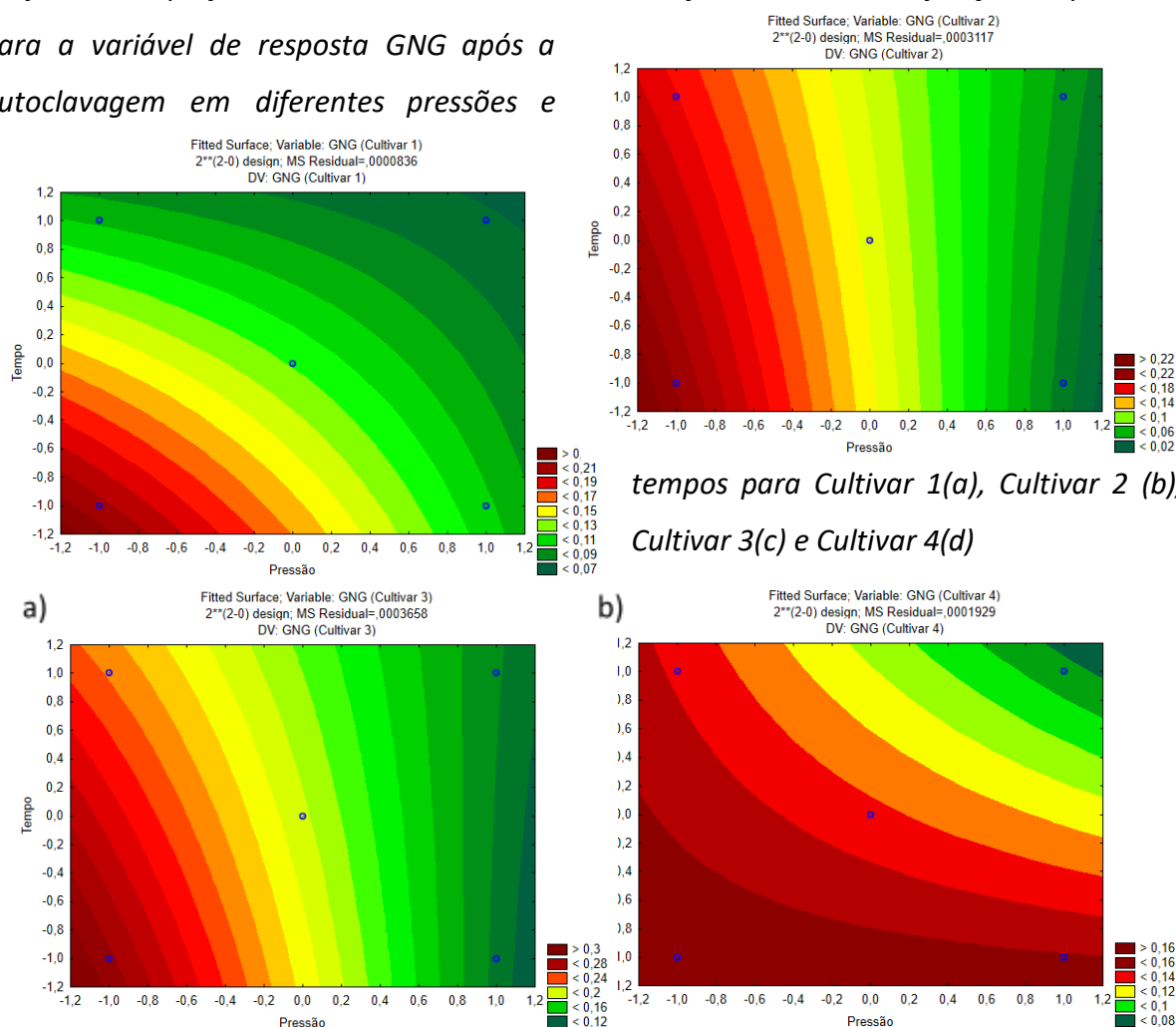
Para a Cultivar 4, observa-se que a intensificação do processo levou mais tempo para afetar o percentual de redução do defeito, este mesmo comportamento havia sido verificado no defeito de barriga branca e para o rendimento. Isso pode ter ocorrido devido às características da cultivar, como temperatura de gelatinização e entalpia de hidratação, como devido a necessidade desta cultivar de estar mais hidratada no momento da autoclavagem.

Sendo o limite de legislação 20% para tipo 1, a Cultivar 1 apresentou resultados satisfatórios em qualquer tempo para pressões maiores e medianas, mas com pressões inferiores, não houve a gelatinização suficiente para tempos menores, assim os resultados

foram satisfatórios para 5, 10 e 15 minutos em 0,75kgf/cm² e 0,50 kgf/cm²; 10 e 15 minutos para 0,25kgf/cm²; para a Cultivar 2 e 4 todos os resultados foram dentro do limite de legislação; para a Cultivar 3, apenas pressões superiores resultaram em GNG dentro do limite, sendo necessário aplicação de 0,75kgf/cm² para atingimento do resultado ideal (Instrução Normativa MAPA N° 06, 2009).

Figura 54

Gráficos de superfície de contorno demonstrando a influência da intensificação do processo para a variável de resposta GNG após a autoclavagem em diferentes pressões e



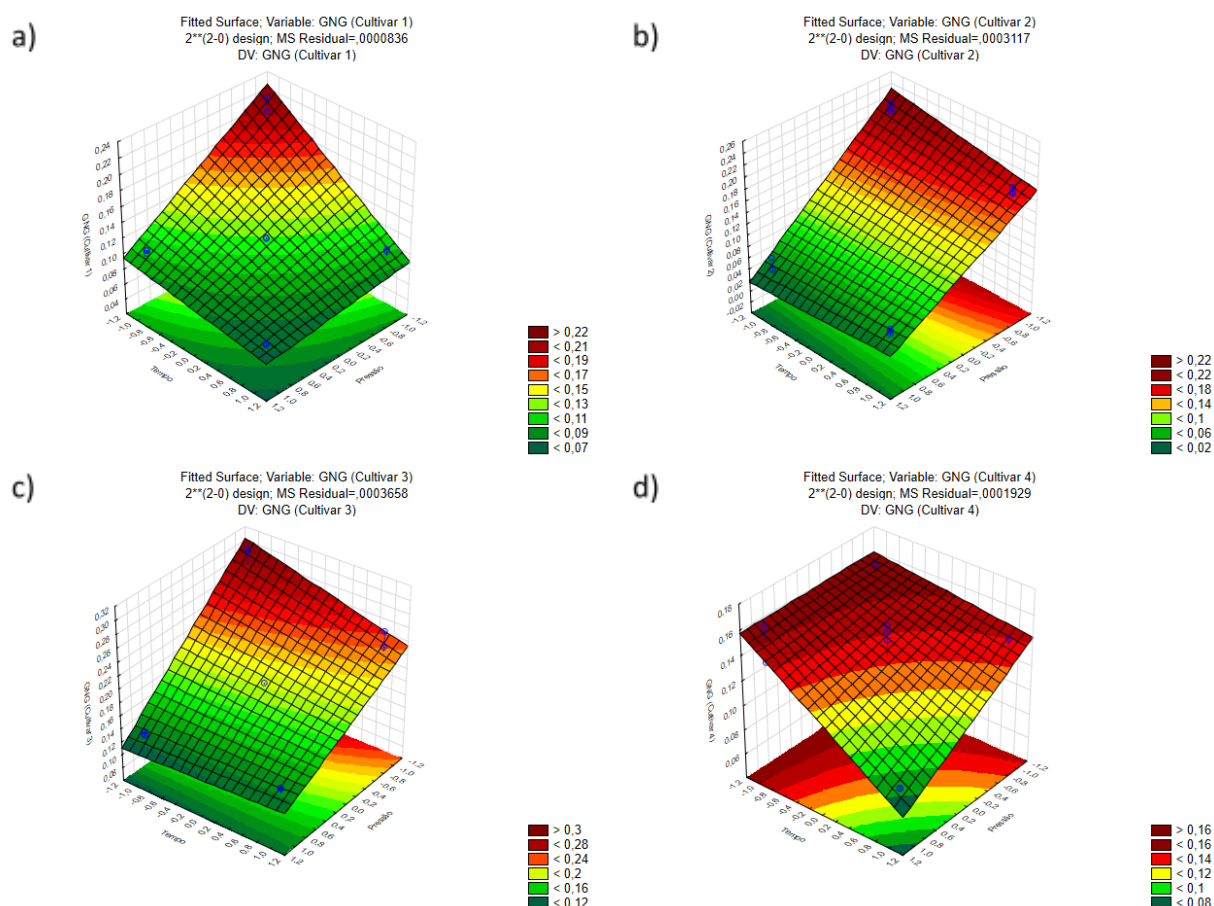
c) Na Figura 55, representa-se a superfície de resposta dos grãos não gelatinizados, em função da pressão e tempo em processo de autoclavagem, verifica-se que no caso de curvatura do plano, há influência da interação entre os dois fatores analisados.

A partir da equação de regressão, é possível observar que os resultados de grãos não gelatinizados foram maiores na cultivar 3 do que nas demais, este comportamento pode

estar associado à maior temperatura de gelatinização desta cultivar, que está na faixa intermediária, sendo que o calor aplicado ao processo não foi suficiente para gerar uma gelatinização uniforme (Schiocchet et al., 2016). Maior necessidade de calor gera maiores custos de produção, uma vez que demandam maiores recursos para o seu processamento.

Figura 55

Superfícies de contorno com os planos de resposta da variável GNG em função das diferentes pressões e tempos aplicados em processo de autoclavagem. Devido a visualização, os gráficos estão rotacionados horizontalmente. Cultivar 1 (a), Cultivar 2 (b), Cultivar 3 (c) e Cultivar 4 (d).



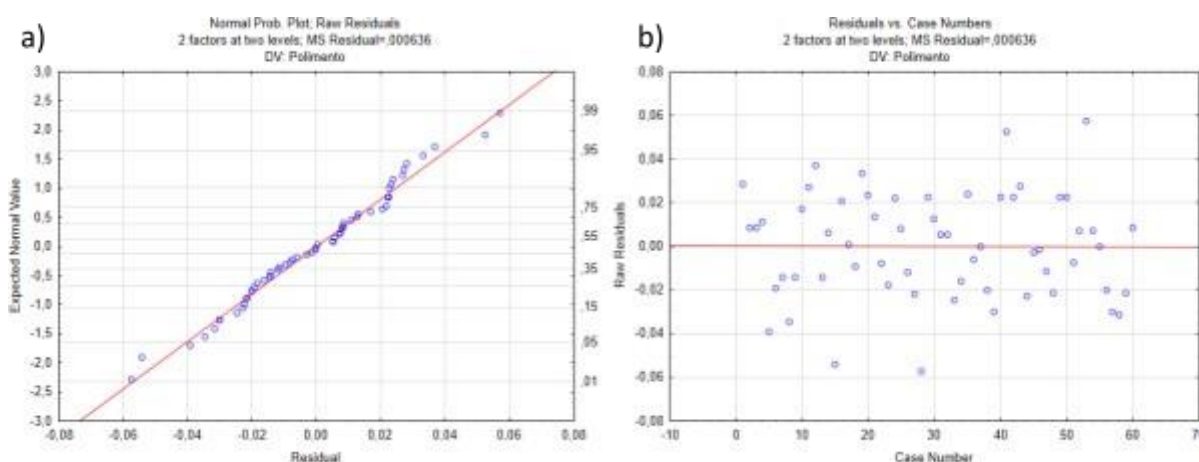
$$\begin{aligned}
 a) \text{ GNG Cultivar 1} &= 0,1189 \pm 0,00236 - (0,031995 \pm 0,00264)x - \\
 &\quad (0,033973 \pm 0,00264)y + (0,01869 \pm 0,00264)xy \\
 b) \text{ GNG Cultivar 2} &= 0,1155 \pm 0,00456 - (0,0745 \pm 0,0051)x - \\
 &\quad + (0,012535 \pm 0,0051)xy \\
 c) \text{ GNG Cultivar 3} &= 0,1924 \pm 0,00494 - (0,0631 \pm 0,0055)x - \\
 &\quad (0,0123 \pm 0,0055)y + (0,0145 \pm 0,0055)xy \\
 d) \text{ GNG Cultivar 4} &= 0,1327 \pm 0,00359 - (0,0154 \pm 0,00401)x - \\
 &\quad (0,0217 \pm 0,00401)y - (0,0119 \pm 0,00401)xy
 \end{aligned}$$

4.3.9 Grau de polimento

A análise do Gráfico Q-Q (a) e da resíduos por valores previstos (b) estão apresentados na Figura 56 e confirmam a hipótese de normalidade e homocedasticidade.

Figura 56

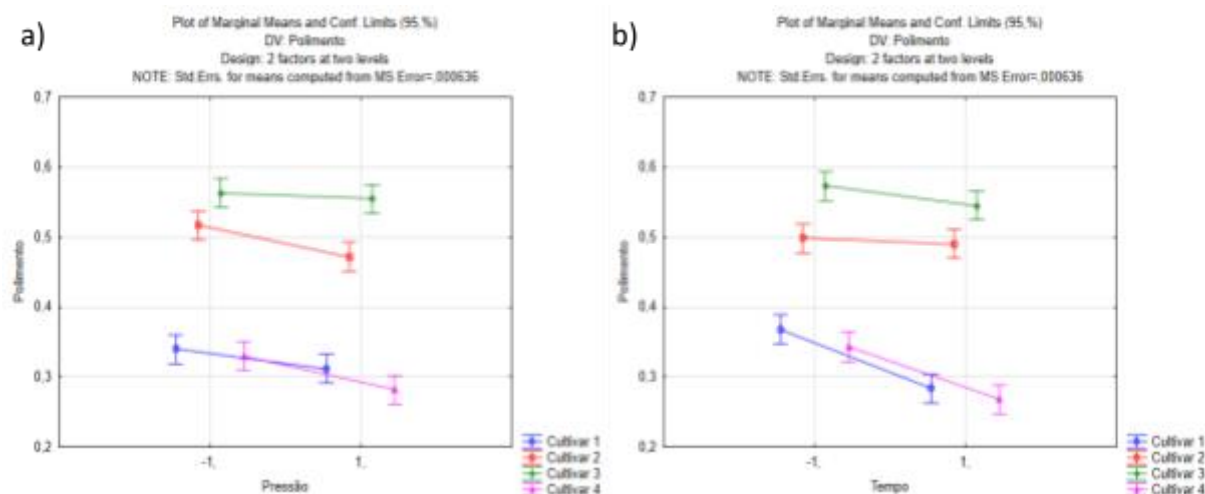
Gráfico Q-Q (a) indicando normalidade para o conjunto de dados de polimento para as quatro cultivares analisadas e o Gráfico de resíduos por valores preditos (b).



As médias dos resultados em baixas e altas pressões estão descritos na Figura 57 e demonstram linearidade dos resultados em função da pressão, porém maior inclinação quando avaliado o tempo.

Figura 57

Representação das médias para cada cultivar em pressões extremas (a) e em tempos extremos (b) para a variável polimento.



Na análise de ANOVA é possível verificar que as cultivares, a pressão e o tempo obtiveram significância na análise dos resultados.

Tabela 16

Análise de ANOVA para a variável Polimento com avaliação dos fatores Blocos (cultivares), pressão, tempo, interação entre pressão e tempo.

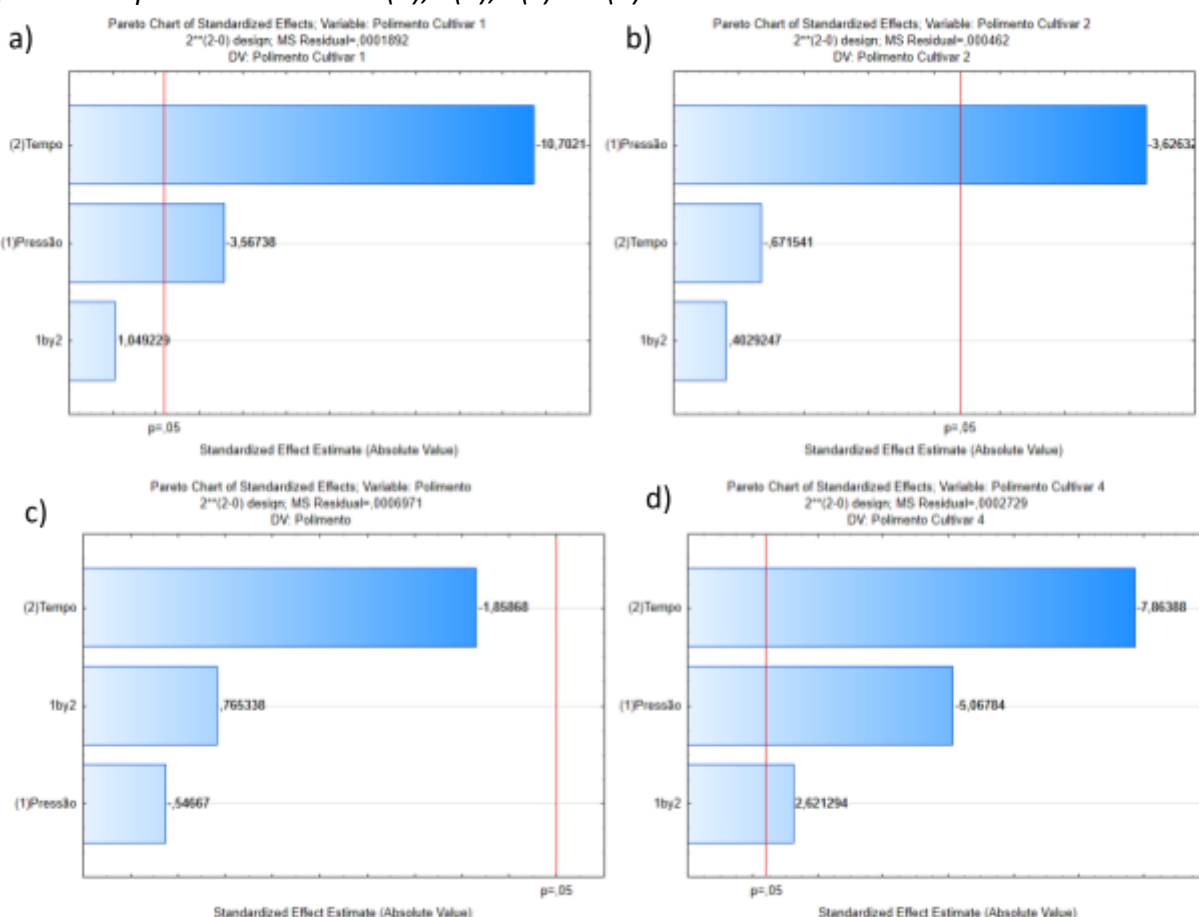
Fator	Variável: Polimento; $R^2 = 0,95618$; Adj: 0,95122 2 fatores em dois níveis, MS Residual = 0,000636				
	SS	df	MS	F	P
Blocos*	0,691933	3	0,230644	362,6449	0,000000
Pressão*	0,012675	1	0,012675	19,9290	0,000042
Tempo*	0,029008	1	0,029008	45,6101	0,000000
Pressão x Tempo	0,001875	1	0,001875	2,9481	0,091819
Erro	0,033708	53	0,000636		
Total SS	0,769200	59			

No conjunto individual, a análise de Pareto permite a avaliação dos fatores especificamente em cada cultivar, como demonstrado na Figura 58, onde é possível observar que dentro das análises realizadas, os fatores não apresentaram significância para a variável polimento quando analisado a cultivar 3, diferente das demais, que ao menos um fator apresentou significância. Uma vez que o grau de polimento é um índice entre transparência e brancura, as alterações de coloração dos grãos afetarão negativamente o índice, logo, amostras que passaram por aquecimento excessivo que possam ter gerado alterações de coloração dos grãos, terão índices de polimento menores.

Conforme descrito por Bhattacharya & Rao (1966) quanto maior a severidade do processo térmico mais escura é a cor do arroz, sendo que as diferenças varietais impactam na forma como o grão se comporta nessa alteração de cor, seja devido às reações de *Maillard* ou devido à migração de pigmentos do farelo e da casca para o interior do grão.

Figura 58

Gráficos de Pareto demonstrando quais fatores são significativos quando o processo de autoclavagem é aplicado em diferentes pressões e tempos quanto a variável de resposta polimento para as cultivares 1(a), 2(b), 3(c) e 4 (d).

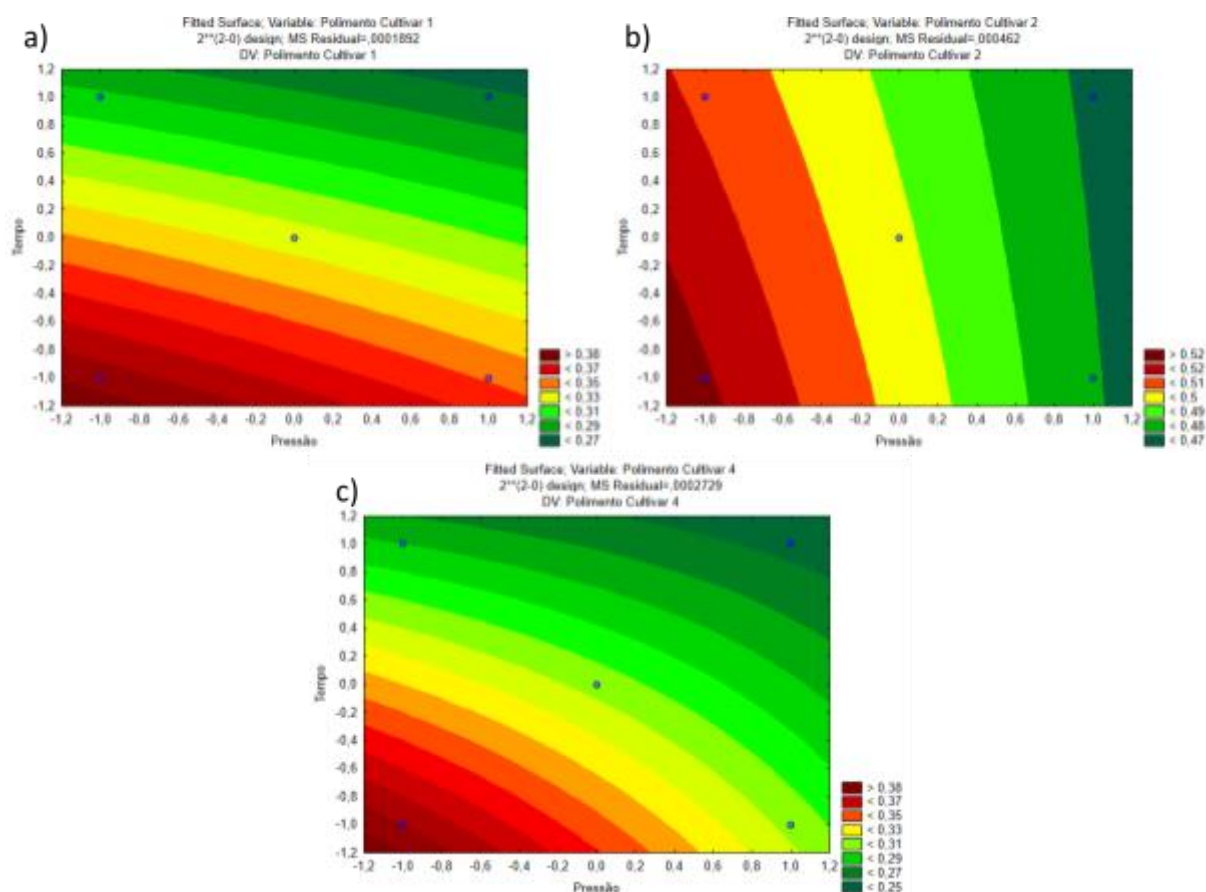


A Figura 59 demonstra as superfícies de contorno das cultivares que tiveram interferência dos parâmetros de processo de forma relevante. A Cultivar 1 (Figura 59a) apresentou coloração mais clara em tempos e pressões menores, indicando que o processo mais brando ocasiona menor alteração em sua coloração sendo que apenas pressões e tempos inferiores resultaram brancura superior a 37. A Cultivar 2 (Figura 59b) apresentou comportamento similar, porém, como possui relevância apenas para a pressão, a inclinação das linhas se direciona à vertical, sem grande interferência do tempo, é possível observar que mesmo em tempos e pressões inferiores (5 minutos em 0,25kgf/cm²) apresentou resultados maiores que as demais cultivares, com no mínimo 47. Já a Cultivar 4 (Figura 59 c)

apresentou relevância de todos os parâmetros, inclusive a sua interação, isso é demonstrado pela curvatura da resposta, porém, seguindo o mesmo padrão de cores mais claras ou grãos mais translúcidos (polimento maior) em tempos e pressões menores, sendo que seus resultados variaram de forma similar à Cultivar 1 atingindo o máximo de 37 no tempo de 5 minutos em 0,25kgf/cm².

Figura 59

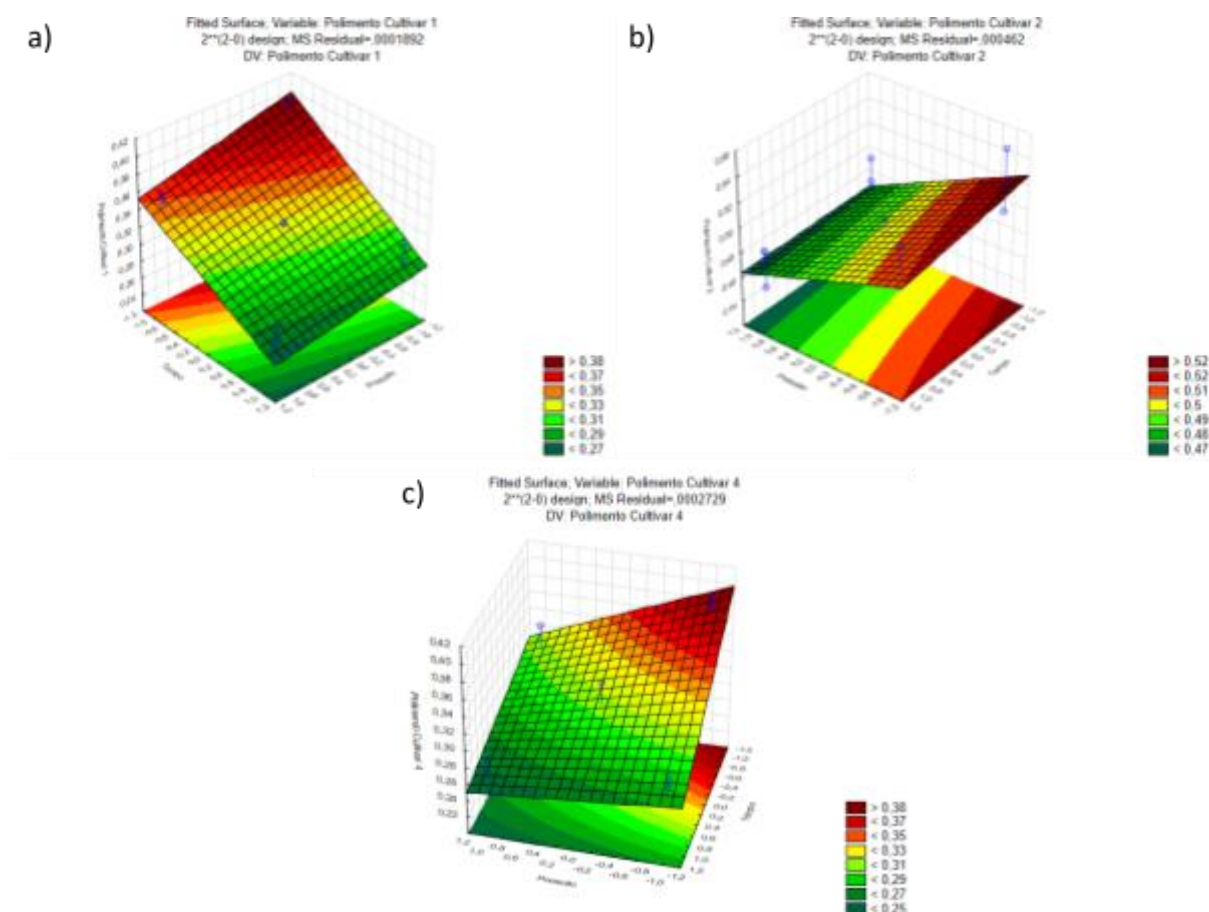
Superfícies de contorno da Cultivar 1 (a), Cultivar 2 (b) e Cultivar 4 (c) ilustrando o efeito das variáveis de processo em relação à variável de resposta Polimento.



A Figura 60 apresenta as superfícies de resposta quanto à variável de resposta polimento. Podemos notar que a Cultivar 1 (a) apresentou decréscimo em seu polimento quando há o aumento da pressão e do tempo; para a cultivar 2 (b) apenas a pressão foi relevante para a redução do polimento; enquanto na cultivar 4 a pressão e o tempo reduziram o resultado de polimento, enquanto a interação entre eles, o aumentou.

Figura 60

Gráficos de contorno da Cultivar 1 (a), Cultivar 2 (b) e Cultivar 4 (c) e suas equações de regressão, ilustrando o efeito das variáveis de processo em relação à variável de resposta Polimento.



$$a) \text{ Polimento Cultivar 1} = (0,3247 \pm 0,00355) - (0,01417 \pm 0,00397)x - (0,0425 \pm 0,00397)y$$

$$b) \text{ Polimento Cultivar 2} = (0,492 \pm 0,00555) - (0,0225 \pm 0,0062)x$$

$$c) \text{ Polimento Cultivar 4} = (0,306 \pm 0,00427) - (0,024 \pm 0,00477)x - (0,0375 \pm 0,00477)y + (0,0125 \pm 0,00477)xy$$

Quando avaliamos a hidratação do grão na etapa de encharcamento, nota-se o comportamento similar entre as cultivares em relação ao aumento da intensidade de parboilização, porém, a Cultivar 1 apresentou facilidade de absorção superior às outras, o que pode dificultar seu processamento conjunto com as demais.

Após a etapa de parboilização, as análises de qualidade responderam de forma diferente à cada avaliação. Para renda e rajados, não houve qualquer interferência do processo no aumento ou redução do resultado final; para o rendimento as cultivares 1 e 3 apresentaram melhoria de seu resultado com o incremento da pressão, enquanto a cultivar 4, além da melhora com a pressão, também respondeu positivamente com a interação entre pressão e tempo; para os ardidos, a cultivar 1 apresentou significância com a interferência de todas as variáveis e suas interações, diferente da cultivar 2 que apresentou relevância para o parâmetro de tempo e a cultivar 4 para pressão; para os danificados, defeito gerado em processo, a cultivar 1 apresentou alteração quanto a pressão, enquanto as cultivares 2 e 3 se mostraram sensíveis em todos os parâmetros e a cultivar 4 não gerou alteração de danificados nos testes realizados que se mostrem significativos; para o indicador picados ou manchados, apenas a cultivar 1 respondeu com alteração em função da pressão; enquanto a variável de resposta BB, as cultivares 2 e 4 apresentaram alteração em função de todos os parâmetros, a cultivar 1 e 3 em função apenas do tempo e pressão; para o defeito de grãos não gelatinizados, as cultivares 1, 3 e 4 apresentaram interferência em seus resultados em função de todos os parâmetros, inclusive sua interação, enquanto a cultivar 2 apresentou interferência apenas da pressão e interação; por fim, para a variável polimento, que correlaciona a brancura e transparência, a cultivar 1 apresentou alteração em seus resultados em função da pressão e do tempo, enquanto a cultivar 2 apenas da pressão e a cultivar 4 de todos os parâmetros.

Logo, não houve padrão de resposta entre as cultivares, para cada indicador, cada cultivar se comportou de uma maneira diferente, indicando diferenças entre elas, mesmo quando processadas de maneira igual. Isso nos permite entender que a genética das cultivares interfere na resposta que obtemos delas quando estas são processadas para a parboilização (Alves et al., 2019; Villanova, 2020). Essas diferenças não significam que as cultivares não possam ser processadas em conjunto, sendo necessário mais estudos em relação às misturas destas cultivares durante o processamento para a melhor avaliação das limitações de cada cultivar e melhor adaptabilidade do processo quando esta mistura se torna indispensável.

4.4 APLICABILIDADE DO ESTUDO

O presente estudo aplica-se às quatro cultivares estudadas, que demonstraram diferenças de comportamento entre si, quando aplicadas diferentes intensidades de processamento para a etapa de encharcamento e autoclavagem. Assim, o trabalho gerou ampliação do conhecimento técnico da pesquisadora, mas também da indústria onde a pesquisa foi realizada, uma vez que foi executada dentro das dependências laboratoriais da fábrica e as informações sobre as quais cultivares representam cada um dos códigos permanecem sob domínio da empresa, de forma sigilosa, ampliando sua competitividade; e rendimento industrial ao processar corretamente estas cultivares que são amplamente utilizadas na sua região de atuação.

Desta forma, este estudo colaborou para o aumento de rendimento da indústria, aumentando a oferta de alimentos e assim, relacionado aos objetivos da ODS 1 - Fome zero e agricultura sustentável; 3 – Saúde e bem-estar; e 9 - Indústria, inovação e infraestrutura.

É fundamental destacar que não há uma cultivar ideal; existem, em vez disso, cultivares com qualidades específicas que devem ser adequadamente aproveitadas para alcançar melhores resultados (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

Além das condições de processamento, o genótipo do arroz é uma variável que influencia a qualidade dos grãos parboilizados. Isso ocorre porque diferentes genótipos apresentam composições químicas e morfologias distintas, as quais afetam a taxa de hidratação, as propriedades tecnológicas e a intensidade das reações de *Maillard* (Leethanapanich et al., 2016a).

Assim, as diferentes cultivares precisam ser melhor analisadas quanto ao seu comportamento durante o processo de parboilização, permitindo o melhor entendimento de toda a cadeia de abastecimento quanto ao valor econômico que cultivares com melhor rendimento industrial podem oferecer tanto aos agricultores ou rizicultores, responsáveis pelo plantio desse alimento, como para as indústrias de beneficiamento para que possam extrair o máximo de eficiência que cada cultivar é capaz de entregar.

Assim, esta pesquisa se mostra relevante para a indústria responsável por seu financiamento, para expansão da fronteira do conhecimento da mesma e maior entendimento de maneiras de controlar as variabilidades que as cultivares possuem entre si, permitindo o melhor aproveitamento possível da matéria-prima que é cada vez mais importante em um cenário socioeconômico de crescimento populacional, que demanda

maior produtividade da indústria que possibilite o atendimento da demanda crescente de alimentos que sejam seguros e nutricionalmente interessantes para a população.

5 CONCLUSÕES

As cultivares analisadas apresentam diferenças desde a sua caracterização inicial até a resposta as variáveis testadas, o que mostra a variação de comportamento durante o processo de parboilização.

Compreendeu-se que a forma com cada cultivar absorve água difere-se, sendo gerado o perfil de hidratação de cada uma delas, onde as diferenças entre a Cultivar 1 e as demais são significativas o suficiente para que dificulte seu processamento ocorra de forma simultânea em linha de produção.

Durante os testes de desempenho, após as variações de intensidade de autoclavagem, não há padrão no comportamento das cultivares. Dependendo da variável de resposta analisada, as cultivares demonstram resultados distintos, o que indica que suas variações genéticas são distintas, e, portanto, dificultam seu processamento conjunto.

Avaliando as cultivares de forma individualizada, observa-se que a intensificação dos processos afeta as variáveis de resposta de forma diferente, assim, a intensificação pode ser favorável para melhora do rendimento, grãos não gelatinizados e barriga branca, porém gerar aumento de grãos ardidos, picados ou manchados e redução do grau de polimento, devido a alteração da coloração do grão.

A pesquisa aprofunda a compreensão sobre o impacto da característica genética das cultivares nas variáveis de processo durante a parboilização. Esse conhecimento é fundamental para o desenvolvimento industrial, pois aumenta a capacidade de produção e, consequentemente, o rendimento no processamento de arroz parboilizado. Isso, por sua vez, tem um efeito positivo na segurança alimentar, ao aumentar a disponibilidade de alimentos para a população.

O estudo limita-se as faixas de trabalho de aplicação do processo produto, sendo que o delineamento experimental não permite que sejam avaliadas condições não testadas.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação das variáveis de processo, permitindo a avaliação do comportamento das cultivares também em condições extremas; além do estudo de mais cultivares e de misturas de cultivares, que permitam avaliar o comportamento quando processadas juntas, entendendo até que momento é possível realizar a dosagem de cultivares com características genéticas similares, para otimização da

armazenagem sem a perda da uniformidade do produto acabado; além da possibilidade de estudo utilizando outras metodologias, como a DCCR (Delineamento Composto Central Rotacional). Para além, sugere-se a construção de árvore decisória para definição de armazenagem, levando em consideração a performance de cada cultivar durante armazenagem, parboilização e beneficiamento.

REFERÊNCIAS

- ABIARROZ, A. B. da I. do A. (2024). *Fluxograma do beneficiamento de arroz – Arroz Parboilizado Integral e Polido*.
- Ali, N., & Pandya, A. C. (1974). Basic concept of parboiling of paddy. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 19(2), 111–115. [https://doi.org/10.1016/0021-8634\(74\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0021-8634(74)90026-2)
- Alves, A. M., Villanova, F., Polidoro, E., Wang, Y., & Vanier, N. L. (2019). *PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE GENÓTIPOS DE ARROZ HÍBRIDO*. 4–7.
- Amato, G., Carvalho, & Silveira. (2002). *Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre* (1ª Edição). Editora Ricardo Lenz.
- Amato, G. W. (2015). *Arroz en el Programa Mundial de Alimentación de las Naciones Unidas* (pp. 81–100). <https://doi.org/10.5151/edupro-cbs21-009>
- Balbinoti, T. C. V., Jorge, L. M. de M., Haminiuk, C. W. I., & Jorge, R. M. M. (2022). Multiphysics simulation and characterisation of parboiling of long grain rice during hydration. *Journal of Cereal Science*, 103(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103391>
- Balbinoti, T. C. V., Jorge, L. M. de M., & Jorge, R. M. M. (2018). Mathematical modeling and thermodynamic properties of rice parboiling. *Journal of Food Process Engineering*, 41(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12691>
- Bhattacharya, K. R., & Rao, P. V. S. (1966). Effect of Processing Conditions on Quality of Parboiled Rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14(5), 476–479. <https://doi.org/10.1021/jf60147a009>
- Instrução Normativa MAPA Nº 06, Pub. L. No. IN 06/2009, 9 (2009).
- Breseghello, F., & Coelho, A. S. G. (2013). Traditional and modern plant breeding methods with examples in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(35), 8277–8286. <https://doi.org/10.1021/jf305531j>
- Buggenhout, J., Brijs, K., Oevelen, J. Van, & Delcour, J. A. (2014). LWT - Food Science and Technology Milling breakage susceptibility and mechanical properties of parboiled brown rice kernels. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.001>
- Castro, E. D. M. De, Vieira, N. R. D. A., Rabelo, R. R., & Silva, S. A. Da. (1999). Qualidade de grãos em arroz. In *Embrapa Arroz e feijão* (Vol. 34).

- Cristina, M., Lopes, B., Weiler, R. L., Rodrigo, G., & Funck, D. (2008). *Irga 424 ri: alternativa tecnológica para o controle do arroz vermelho e para alta produtividade*. 30–32.
- da Fonseca, F. A., Soares Júnior, M. S., Caliari, M., Bassinello, P. Z., da Costa Eifert, E., & Garcia, D. M. (2011). Changes occurring during the parboiling of upland rice and in the maceration water at different temperatures and soaking times. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(9), 1912–1920.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02701.x>
- Denardin, C. C., & Silva, L. P. da. (2009). Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, 39(3), 945–954.
<https://doi.org/10.1590/s0103-84782009005000003>
- Dors, G. C., Pinto, R. H., & Badiale-Furlong, E. (2009). Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 219–224. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100034>
- Elias, M. C., Oliveira, M., & Vanier, N. L. (2015). *Qualidade de arroz na pós-colheita e na agroindústria: análise, conservação e tipificação*.
- Epagri. (2023). *SCSBR5126 Dueto*.
- Ercole, F. F., Melo, L. S. de, & Alcoforado, C. L. G. C. (2014). Integrative review versus systematic review. *Reme: Revista Mineira de Enfermagem*, 18(1), 9–11.
<https://doi.org/10.5935/1415-2762.20140001>
- FAO. (2020). *Production of rice*.
- Fazenda, I. C. (1994). Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa. In *Campinas: Papyrus* (Vol. 12, Issue 23).
<https://www.livrebooks.com.br/livros/interdisciplinaridade-historia-teoria-e-pesquisa-iv-ani-catarina-arantes-fazenda-lesxujsje9yc/baixar-ebook>
- Ferreira, C. M., Pinheiro, B. da S., Sousa, I. S. F. de, & Moraes, O. P. (2005). *Qualidade do arroz no Brasil : evolução e padronização*.
- FONSECA, F. A. DA. (2009). *Condições de encharcamento sobre a qualidade de arroz parboilizado cultivado em terras altas*.
- Freitas, J. A. (2021). *CARACTERÍSTICAS GERAIS DO ARROZ (Oryza sativa L.) E MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA* (Vol. 4, Issue 1).
- Frota, M. G. da C., & Ribeiro, A. C. (2015). Análise da metodologia em estudos bibliométricos:

uma proposição de indicadores de contexto. *Estudos Avançados Em Organização Do Conhecimento*. v. 3, 507–517.

Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (Editora Atlas S.A (ed.); 4ª).

Hideo, P., Rangel, N., Ricardo, P., Fagundes, R., Filho, M. C., Franco, D. F., Castro, A. P. De, Neves, C. F., Nunes, C. D., Breseghello, F., Pereira, P., Moura, F. De, Longaray, M. B., & Souza, J. A. De. (2019). *BRS PAMPA CL : NOVA CULTIVAR CL DE ARROZ IRRIGADO DA EMBRAPA*.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. (2022). Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. *IBGE*, 1–51.

Instituto Rio Grandense do Arroz. (2021). Produção mundial de arroz. In *Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural*. <http://faostat.fao.org/beta/en>

IRGA. (2023). *Boletim de resultados da safra 2022/23 em terras baixas: Arroz irrigado e, soja e milho em rotação*.

<https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202308/23105302-boletim-de-resultados.pdf>

Jongkaewwattana, S., & Geng, S. (2001). Inter-relationships amongst grain characteristics, grain-filling parameters and rice (*Oryza sativa* L.) milling quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(4), 223–229. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00521.x>

Juliano, B. O. (1985). Criteria and Tests for Rice Grain Qualities. In: *Rice Chemistry and Technology*. *American Association of Cereal Chemists*, 443–524.

Lamberts, L., Rombouts, I., Brijs, K., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2008). Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. *Food Chemistry*, 110(4), 916–922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.080>

Leethanapanich, K., Mauromoustakos, A., & Wang, Y. (2016a). *Impact of Soaking and Drying Conditions on Rice Chalkiness as Revealed by Scanning Electron Microscopy*. 1–4.

Leethanapanich, K., Mauromoustakos, A., & Wang, Y. (2016b). Impacts of parboiling conditions on quality characteristics of parboiled commingled rice. *Journal of Cereal Science*, 69, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.04.003>

Lhamby, A. R., Neuenfeldt Júnior, Á., Silva, B. A. B., Nespolo, C. R., Lisboa, G. da S., & Lopes, L. D. P. (2024). Maximizando Eficiência Na Produção E Beneficiamento Do Arroz. *Revista de*

- Estudos Interdisciplinares*, 5(7), 351–375. <https://doi.org/10.56579/rei.v5i7.988>
- Compêndio qualidade vegetal - Anexo da norma interna DIPOV N° 02/2019, (2022).
- Marschalek, R., Noldin, J. A., Wickert, E., Scheuermann, K. K., Schiocchet, M. A., Eberhardt, D. S., Knoblauch, R., Hickel, E., Martins, G. N., Raimondi, J. V., & de Andrade, A. (2017). SCS122 Miura - New rice cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(3), 286–288. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n3c44>
- Marschalek, R., Souza, N. M. De, Reis, L., Sangoi, L., Oliveira, D. G. De, Stürmer, W., Colombari-filho, J. M., Konrad, K., Lima, M., De, A., Pereira, A., Wickert, E., Silva, D. L., Rebelo, A. M., Henrique, P., Facchinello, K., Martins, A., Junior, D. M., Verdi, R., ... Rozzetto, D. S. (2023). *SCSBRS126 Dueto : irrigated rice variety resilient to cold and heat at reproductive stage*. 2050(Liu 2013), 2013–2018.
- Marschalek, R., Vieira, J., Ishiy, T., Schiocchet, M. A., & Bacha, R. E. (2008). Melhoramento genético de arroz irrigado em Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 21(3), 54–57.
- Marschalek, R., Wickert, E., de Andrade, A., Terres, L. R., Scheuermann, K. K., de Oliveira, D. G., Noldin, J. A., Do Vale, M. L. C., Lucietti, D., Hickel, E. R., Pereira, A., Massignam, A. M., Ricce, W. da S., & Silva, D. L. (2021). SCS125: new paddy rice cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 21(3), 1–5. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n3c43>
- Marschalek, R., Wickert, E., Scheuermann, K. K., Terres, L. R., Noldin, J. A., Hickel, E. R., Do Vale, M. L. C., & de Andrade, A. (2020). SCS124 Sardo: Brazilian rice cultivar with excellent milling quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20(1), 1–5. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n1c7>
- Martínez, C., & Cuevas, F. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. In *Centro Internacional de Agricultura Tropical* (3ª). <https://books.google.com.br/books?hl=es&lr=&id=wC9yMXQwAbwC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Martínez+and+Cuevas+and+amilosa&ots=3my-cCYDIw&sig=jIWJY48EeO-VsFITKVb6cCNN1rM#v=onepage&q&f=false>
- Martinez, E. S. M. (1984). *Efeito de algumas variáveis operacionais nas características de qualidade do arroz parboilizado convencionalmente e por microondas*.
- Mir, S. A., Bosco, S. J. D., Shah, M. A., Mir, M. M., & Ganai, S. A. (2015). Rice: Parboiling and milling properties. *International Journal of Food Engineering*, 11(6), 777–787. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0204>

- Montgomery, D. C., Peck, E., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (Issue 112).
- Newton, J., Wang, Y. J., & Mauromoustakos, A. (2011). Effects of cultivar and processing condition on physicochemical properties and starch fractions in parboiled rice. *Cereal Chemistry*, 88(4), 414–420. <https://doi.org/10.1094/CCEM-01-11-0011>
- Paraginski, R. T., Ziegler, V., Talhamento, A., Elias, M. C., & Oliveira, M. de. (2014). Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(2), 146–153. <https://doi.org/10.1590/bjft.2014.021>
- Patindol, J., Newton, J., & Wang, Y.-J. (2008). Functional Properties as Affected by Laboratory-Scale Parboiling of Rough Rice and Brown Rice. *Journal of Food Science*, 73(8), E370–E377. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00926.x>
- Pereira, A., Shitsuka, D., Parreira, F., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da Pesquisa Científica. In *Metodologia da Pesquisa Científica* (1. ed).
- Pereira, J. A. (2002). Cultura do Arroz no Brasil. In *Embrapa Meio-Norte*.
- Polidoro, E. (2018). *Qualidade de grãos de diferentes genótipos de arroz produzidos em Pelotas- RS e industrializados por processo convencional e por parboilização*.
- Schiocchet, M. A., Noldin, J. A., & Eberhardt, D. S. (2016). SCS121 CL no sistema Clearfield® de produção de arroz irrigado: Manejo da lavoura para semeadura em lâmina d'água e em solo seco. *Agropecuária Catarinense*, 29(2), 38–41. <https://doi.org/10.52945/rac.v29i2.56>
- Schiocchet, M. A., Noldin, J. A., Raimondi, J. V., Neto, A. T., Marschalek, R., Wickert, E., Martins, G. N., Hickel, E., Knoblauch, R., Scheuermann, K. K., Eberhardt, D. S., & De Andrade, A. (2014). SCS118 Marques - New rice cultivar obtained through induced mutation. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14(1), 68–70. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332014000100012>
- Service/USDA, F. A. (2022). World agricultural production. In *Circular Series* (pp. 1–39). <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201907059>
- Silva, W. M. F. da. (2016). *Impacto do tratamento térmico com baixa umidade no arroz em casca sobre as qualidades tecnológicas, digestibilidade do amido e peso molecular de proteínas*.

- Silva, L. H. (2003). Umidade Inicial dos grãos e parâmetros hidrotérmicos sobre a água de encharcamento e o desempenho industrial do arroz na parboilização. In *UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS*.
- Sosbai. (2018). Arroz Irrigado - Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *XXIX Reunião Técnica Da Cultura Do Arroz Irrigado*, 205.
- Souza, M. A. de, Morais, O. P. de, Herán, R. E. C., Cargnin, A., & Adérico Júnior Badaró, P. (2007). Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(3), 371–376.
<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000300010>
- Unidas, O.-O. das N. (2022). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.
<https://brasil.un.org/pt-br>
- Vieira, N. R. D. A. (2004). Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. In *Informe Agropecuário - Arroz Avanços Tecnológicos* (Vol. 25, Issue 222, pp. 94–100).
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/212774>
- Villanova, F. A. (2020). *Efeitos dos genótipos e das pressões de autoclavagem sobre parâmetros de qualidade de arroz parboilizado de cultivares da América do Sul*.
- Villanova, F. A., El Halal, S. L. M., Vanier, N. L., Polidoro, E., Wang, Y. J., & de Oliveira, M. (2020). Physicochemical and cooking quality characteristics of South American rice cultivars parboiled at different steaming pressures. *Cereal Chemistry*, 97(2), 472–482.
<https://doi.org/10.1002/cche.10262>
- Villanova, F. A., Vanier, N. L., de Avila Madruga, N., Pesek, J., Matyska-Pesek, M., Elias, M. C., & de Oliveira, M. (2017). Improvement of the quality of parboiled rice by using anti-browning agents during parboiling process. *Food Chemistry*, 235, 51–57.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.053>
- Walter, M., da Silva, L. P., & Denardin, C. C. (2005). Rice and resistant starch: Different content depending on chosen methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(4), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.09.007>
- Zambello, A. V., Guimarães, A., Carlos, S., Cledivaldo, E. T., Donzelli, A., Fontana, F., & Chotolli, W. P. (2018). Metodologia da pesquisa e do trabalho científico. In *Metodologia da pesquisa e do trabalho científico*. www.funepe.edu.br