

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Dissertação

Efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas dos grãos e sobre físico-químicas, estruturais, térmicas e de pasta do amido isolado de grãos de sorgo

David Bandeira da Cruz

Pelotas, 2015

David Bandeira da Cruz

Efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas dos grãos e sobre físico-químicas, estruturais, térmicas e de pasta do amido isolado de grãos de sorgo

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

Orientador: Prof. Moacir Cardoso Elias, Dr.

Coorientador: Prof. Maurício de Oliveira, Dr.

Coorientadora: Prof^{fa}. Elessandra da Rosa Zavareze, Dra.

Fevereiro de 2015

Dados de catalogação na fonte

C955e Cruz, David Bandeira da

Efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas dos grãos e sobre físico-químicas, estruturais, térmicas e de pasta do amido isolado de grãos de sorgo / David Bandeira da Cruz; Moacir Cardoso Elias, orientador. - Pelotas, 2015.

73 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pósgraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Sorghum Bicolor. 2. Qualidade Tecnológica. 3. Propriedades do amido. I. Elias, Moacir Cardoso, orient. II. Título.

CDD : 633.174

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof. Dr. Marcelo Zaffalon Peter

Prof. Dr. Ricardo Tadeu Paraginski

Dr. Nathan Levien Vanier

À minha mãe, Tânia.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Tânia, pessoa admirável, carinhosa e dedicada, por todo o amor, carinho e apoio que me deu ao longo de toda a nossa convivência e como fonte de inspiração vendo a sua força e comprometimento com o que era importante, servindo de inspiração para continuar estudando.

Aos meus tios Paulo e Vera, por estarem sempre ao meu lado, dando apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus sobrinhos Tânia e Luís, por me darem um amor incondicional e alegrarem a minha vida em todos os momentos.

A minha namorada Ivonice, por me dar carinho em todos os momentos e fazer parte da minha vida acadêmica desde o início da graduação.

Ao professor e orientador Dr. Moacir Cardoso Elias, por ser este grande professor que inspira qualquer profissional, por seu grande amor dedicado ao que faz, pelo apoio e oportunidades de crescimento pessoal e profissional ao longo desses anos no Laboratório de Grãos. Serei eternamente grato pelos ensinamentos pessoais e profissionais proporcionados.

Ao coorientador Professor Dr. Maurício de Oliveira, pelos ensinamentos proporcionados ao longo desses anos de trabalho, pela sua dedicação e disponibilidade sempre que um colega ou aluno precisa.

A coorientadora Professora Dra. Elessandra da Rosa Zavareze, pela sua dedicação, disponibilidade e incentivo em todos os momentos de nossa convivência.

Ao professor e colega Marcelo Zaffalon Peter, pela sua amizade, disponibilidade e dedicação sempre que precisei.

Aos colegas de Mestrado, Engenheira de Alimentos Rosana Colussi e Engenheiro Agrônomo Ricardo Tadeu Paraginski, pela amizade, companheirismo e ajuda nas análises do meu projeto.

Aos amigos Engenheiros Agrônomos André Pich Brunes e Letícia Winke Dias, pela amizade, companheirismo, dedicação e ensinamentos proporcionados ao longo desses anos de amizade.

Ao amigo Engenheiro Agrônomo Roni Bach Pereira, pelo auxílio e comprometimento durante a realização das análises.

Aos professores do DCTA, Alvaro Renato Guerra Dias, Cesar Valmor Rombaldi, Fábio Clasen Chaves, Leonardo Nora e Manoel Artigas Schirmer, pelas contribuições ao longo do período de mestrado no programa.

Aos colegas do Laboratório de Grãos, em especial aos colegas de mestrado e doutorado Bruna Klein, Bruna Arns, Cristiano Dietrich Ferreira, Daniel Rutz, Diego Batista Zeni, Flávia Fernandes Paiva, Jardel Casaril, Jarine Amaral do Evangelho, Joana Maria Leite de Souza, Josiane Bartz, Nelisa Lamas, Nathan Vanier, Rafael de Almeida Schiavon, Shanise Lisie Mello El Halal, Valmor Ziegler, Vânia Zanella Pinto, Wagner Schellin Vieira da Silva e Wilner Peres, pelo apoio e pela amizade.

Aos estagiários dos Laboratórios de Grãos e de Cereais, pela amizade e pelo auxílio nas análises, em especial aos bolsistas de iniciação científica André Talhamento, Franciene Almeida Villanova, Gabriela Soster Santeti, Karina Medeiros Madruga, Marjana Radunz, Renan Souza Silva, Ismael Aldrighi Bertinetti, Jorge Tiago Schwanz Göebel, Vinicius Peroba Rosinha e Bruna Böhmer.

A Universidade Federal de Pelotas, à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense - Campus Pelotas Visconde da Graça. Muito obrigado.

"O mundo está nas mãos daqueles que tem a coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos"

Paulo Coelho

Sumário

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv

INTRODUÇÃO	1
------------------	---

3.2. Delineamento experimental

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1. PRODUÇÃO DE SORGO	4
2.2. CARACTERÍSTICAS DO GRÃO	6
2.2.1. PERICARPO	7
2.2.2. ENDOSPERMA	8
2.2.3. GÉRMEN	8
2.3. SECAGEM E ARMAZENAMENTO.....	8
2.4. AMIDOS	10
2.4.1. EFEITOS DA SECAGEM E DO ARMAZENAMENTO SOBRE AS PROPRIEDADES DO AMIDO	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. MATERIAL	13
3.2.1. UMIDADE.....	15
3.2.2. PESO DE MIL GRÃOS.....	15

3.2.3. PESO VOLUMÉTRICO.....	15
3.2.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	15
3.2.5. EXTRAÇÃO DO AMIDO	15
3.2.6 RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO	16
3.2.7. GRAU DE PUREZA.....	17
3.2.8. PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE	17
3.2.9. PROPRIEDADES DE PASTA.....	17
3.2.10. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA (DSC).....	18
3.2.11. ÍNDICE DE CRISTALINIDADE RELATIVA (RAIO-X)	18
3.2.12. MICROSCOPIA ELETÔNICA DE VARREDURA (MEV)	18
3.2.13. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	19
4.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	19
4.1.1. TEOR DE ÁGUA DOS GRÃOS	19
4.1.2. PESO DE MIL GRÃOS.....	20
4.1.3. PESO VOLUMÉTRICO DOS GRÃOS	21
4.1.4. TEOR DE PROTEÍNAS DOS GRÃOS.....	22
4.1.5. TEOR DE LIPÍDIOS DOS GRÃOS.....	23
4.1.6. TEOR DE CINZAS.....	24
4.1.7. TEOR DE FIBRAS	25
4.2. GRAU DE PUREZA DO AMIDO E RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO AMIDO	26
4.2.1. RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO AMIDO	26
4.2.2.GRAU DE UMIDADE.....	27
4.2.3. TEOR DE PROTEÍNA DO AMIDO	28
4.2.4. TEOR DE LIPÍDIOS DO AMIDO.....	29

4.2.5. TEOR DE CINZAS DO AMIDO	30
4.3. PARÂMETROS VISCOAMILOGRÁFICOS DO AMIDO	31
4.3.1. VISCOSIDADE DE QUEBRA	32
4.3.2. RETROGRADAÇÃO.....	33
4.3.3. TEMPERATURA DE PASTA.....	34
4.3.4. VISCOSIDADE MÁXIMA	35
4.3.5. VISCOSIDADE FINAL	36
4.4. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA (DSC).....	37
4.4.1. TEMPERATURA INICIAL DE PICO	37
4.4.2. TEMPERATURA DE PICO MÁXIMA	38
4.4.3. TEMPERATURA DE CONCLUSÃO	38
4.4.4. DIFERENÇA ENTRE TEMPERATURA INICIAL DE GELATINIZAÇÃO.....	39
4.4.5. ENTALPIA DE GELATINIZAÇÃO	40
4.5. PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE DO AMIDO	41
4.5.1. PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE.....	42
4.6. ÍNDICE DE CRISTALINIDADE RELATIVA (RAIO-X)	43
4.7. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	45
 CONCLUSÕES	 46
REFERÊNCIAS	47

RESUMO

CRUZ, David Bandeira da. **Efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas dos grãos e sobre físico-químicas, estruturais, térmicas e de pasta do amido isolado de grãos de sorgo.** 2015. 73f Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O Brasil tem uma produção de aproximadamente 2,2 milhões de toneladas de grãos de sorgo, ocupando a oitava posição em produção mundial. A produção brasileira está distribuída em diferentes regiões do país, o que mostra a adaptação da cultura às condições edafoclimáticas existentes no país. A qualidade final do produto após o armazenamento está diretamente relacionada com a qualidade dos grãos no momento da colheita, porém durante a secagem e o armazenamento esta qualidade pode sofrer alterações resultantes da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento. O objetivo do presente estudo, foi avaliar efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos e parâmetros de propriedades do amido isolado de grãos de sorgo. Os grãos foram produzidos no município de Aceguá, Rio Grande do Sul, e colhidos com umidade próxima a 22%. A secagem foi realizada em secos estacionário as temperaturas de 25 (testemunha), 45, 65 e 85°C, até que os grãos atingissem a umidade desejada para o armazenamento, próximo a 12,5 %. Os grãos secos foram armazenados a 16°C, por seis meses. As avaliações foram realizadas no início, aos três meses e aos seis meses de armazenamento. A secagem dos grãos de sorgo com temperatura de 85 °C apresenta um comportamento inverso aos grãos secados à 25 °C, causando alterações nos grânulos de amido. Nos resultados obtidos, a melhor temperatura de secagem mantendo ao máximo as características físico-químicas dos grãos e sobre propriedades físico-químicas, térmicas e de pasta do amido isolado de grão de sorgo é a 45 °C visto a redução do tempo de secagem, que é importante na conservação dos grãos.

Palavras chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, qualidade tecnológica, propriedades do amido.

ABSTRACT

CRUZ, David Bandeira da. Federal University of Pelotas, in October 2013 **Effects of drying temperature, storage time on parameters of technological quality of grain and properties of starch from sorghum**. Advisor: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias.

The Brazilian sorghum production is approximately 2.2 million tons, occupying the eighth position in world production. Brazilian production is distributed in different regions of the country which shows the adaptation of culture to soil and climatic conditions existing in the country. The final product quality after storage is directly related to the grains quality at the harvest, however during drying and storing that quality can vary as a result of drying temperature and storage time. This study evaluated the effects of drying temperature and time of storage on parameters grain quality and properties of starch in sorghum grains. The grains were produced in Aceguá municipality, Rio Grande do Sul, and harvested with moisture content around 22%. The drying was performed in stationary dryer utilizing temperatures of 25, 45, 65 and 85 ° C until the grains reach the moisture close to 12.5%. The grains were stored at a temperature of 16 ° C for a period of six months. The evaluations were performed at the beginning of grain storage, in three and in six months. The drying of grain sorghum at 85 ° C showed an inverse pattern to the control dried at 25 ° C, causing changes in the starch granules. The results showed that the best physico-chemical characteristics occurred at the temperature of 45 ° C.

Key words: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, technological quality, properties of starch.

Lista de Figuras

Figura 1.	Mapa da produção agrícola Sorgo.....	5
Figura 2.	Estrutura do grão de Sorgo.....	7
Figura 3.	Estrutura da amilose.....	11
Figura 4.	Estrutura química da amilopectina.....	12
Figura 5.	Fluxograma da metodologia utilizada para extração de amido de sorgo.....	16
Figura 6.	Micrografias obtida através de microscopia eletrônica de varredura dos amidos de sorgo secos com 4 temperaturas diferentes e por 6 meses.....	45

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Oferta e Consumo mundiais de sorgo, em milhões de toneladas.....	4
Tabela 2.	Delineamento experimental para avaliar as alterações nas propriedades tecnológicas dos grãos de sorgo armazenados durante seis meses.....	14
Tabela 3.	Delineamento experimental para avaliar as alterações nas propriedades do amido armazenados 6 meses e secos as temperaturas: ambiente (25 °C), 45 °C, 65 °C e 85 °C.....	14
Tabela 4.	Grau de umidade* (%) de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	20
Tabela 5.	Peso de mil grãos* de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.....	20
Tabela 6.	Peso volumétrico dos grãos* de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.....	22
Tabela 7.	Teor de proteína bruta* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	23
Tabela 8.	Teor de lipídios* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.....	24
Tabela 9.	Teor de cinzas* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.....	25
Tabela 10.	Teor de fibras brutas* de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.....	26
Tabela 11.	Rendimento de extração* do amido de grãos de sorgo secos com quatro diferentes temperaturas e armazenados por 6	

	meses.....	27
Tabela 12.	Grau de umidade* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.	28
Tabela 13.	Teor de proteína* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	29
Tabela 14.	Teor de lipídios* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	30
Tabela 15.	Teor de cinzas do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.	31
Tabela 16.	Viscosidade de quebra* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	32
Tabela 17.	Retrogradação* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	32
Tabela 18.	Temperatura de pasta* do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	33
Tabela 19.	Viscosidade máxima* do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	35
Tabela 20.	Viscosidade final* de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	36
Tabela 21.	Temperatura inicial do pico (To) de gelatinização, de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	37
Tabela 22.	Temperatura de pico máximo (Tp), de grãos de sorgo secos com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.....	38

Tabela 23.	Temperatura de conclusão do pico de gelatinização (T _c) do amido isolados de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	39
Tabela 24.	Diferença entre temperatura inicial e de conclusão de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	40
Tabela 25.	Entalpia de gelatinização (ΔH), de amido isolado de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.....	41
Tabela 26.	. Poder de inchamento e solubilidade do amido a 90 °C para grãos de sorgo secados com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.....	42
Tabela 27.	Intensidade dos picos principais dos difratogramas de raio-x e cristalinidade relativa dos amidos de sorgo seco com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses..	44

Introdução

O sorgo é considerado uma excelente fonte de energia tanto para alimentação animal como para a alimentação humana, sendo uma planta que alcança boas produtividades mesmo em condições adversas, nas quais outras espécies não conseguem o desenvolvimento ideal.

É o quinto grão de maior importância no mundo, porém no Brasil ainda não tem todo seu potencial explorado, com uma produção na safra 2013/2014 de 2,2 milhões de toneladas, produzidos em uma área de 731.000 ha (CONAB, 2014). O cereal é uma alternativa importante como substituição ao milho, tendo 95% de seu valor nutricional, e apresentando teores de proteína, amidos e fibras de respectivamente 13,7%, 46,9% e 6,1%.

Dentre as espécies de sorgos, o granífero se destaca por suas características nutritivas e de cultivo, que são muito semelhantes à cultura do milho, proporcionando alternativa rentável para uso em confinamentos.

Devido ao seu potencial e sua baixa exigência tecnológica de produção, torna-se uma importante cultura para pequenos e médios produtores. Quando destinado ao consumo humano, os grãos devem passar por um pré-processamento o qual pode resultar em alterações na biodisponibilidade de nutrientes e de metabólitos.

A secagem permite o armazenamento de grãos por maior tempo, porque diminui o teor de água do produto até níveis que permitam a conservação segura de sua qualidade e de seu valor nutricional. Se o produto for armazenado com níveis de umidade acima dos limites recomendados, podem ocorrer prejuízos por metabolismo do próprio grão e pelo desenvolvimento de mofos, fermentos, bactérias, ácaros e insetos. O aumento da temperatura, juntamente com a umidade, intensificam os processos respiratórios, tendo como consequências o consumo dos elementos que constituem as reservas nutritivas dos grãos, além das alterações ligadas à dinâmica metabólica no armazenamento (ELIAS, 2008).

Os grãos ao serem armazenados, ficam sujeitos à ação de diversos fatores como calor, umidade, oxigênio, organismos associados, atividade enzimática intrínseca e outros. O conhecimento das características dos grãos é fundamental

para o controle de conservabilidade, e também para determinação das aptidões tecnológicas, interferindo no manejo operacional pós-colheita. (ELIAS, 2008).

Altas temperaturas utilizadas durante a secagem podem intrefereir no desempenho da extração de amido de milho via úmida e modificar as propriedades físico-químicas dos grânulos de amido recuperados (LASSERAN, 1973; PEPLINSKI et al., 1994; WELLER et al., 1988, Malumba et al., 2009).

O interesse aumentou para os efeitos da alta temperatura de secagem (ALTAY e GUNASEKARAN, 2006; HARDACRE e CLARK, 2006; HAROS, TOLABA, e SUAREZ, 2003; MALUMBA et al., 2009) sobre as propriedades físico-químicas e funcionais dos grânulos de amido obtidos através da extração de amido por moagem úmida. Através da técnica de calorimetria diferencial de varredura (DSC), Haros et al.(2003) concluíram que a alta temperatura de secagem aumenta todas as temperaturas de transição do amido isolado. A alta temperatura de secagem tem efeitos negativos na separação do amido e da proteína durante o processo de extração via umida. Haros et al.(2003) e Altay e Gunasekaran (2006) observaram que as proteínas remanescentes em amido de milho, possivelmente, reduzem a entrada de água para dentro dos grânulos durante gelatinização, limitando as interações entre água e amido.

Estudos anteriores mostraram que altas temperaturas de secagem reduzem a capacidade de inchamento dos grânulos de amido e seus índices de solubilidade durante a gelatinização (MALUMBA et al., 2009). É provável que as alterações estruturais que possivelmente ocorrem no interior dos grânulos durante a secagem podem afetar as características da pasta de amido em água do sistema durante a gelatinização subsequente. Portanto, alterações nas propriedades físico-químicas e funcionais de amido extraído do milho seco a temperatura elevada não pode ser exclusivamente atribuída à proteína residual das amostras.

A importância da secagem de produtos agrícolas aumenta na medida em que cresce a produção, permitindo o armazenamento por períodos mais longos sem o perigo de deterioração do produto, tolerando a antecipação da colheita, mantendo o poder germinativo por maiores períodos, impede o crescimento de microorganismos, minimiza a perda de produto no campo, redução do volume e do peso a ser transportado.

Perante a importância da secagem e do armazenamento dos grãos de sorgo e seus efeitos sobre as propriedades físico-químicas e nos grânulos de amido, os objetivos foram avaliar os efeitos da temperatura de secagem sobre as propriedades tecnológicas dos grãos de sorgo, os efeitos do armazenamento por um período de seis meses sobre as propriedades tecnológicas dos grãos ao longo do armazenamento e o efeito da temperatura de secagem e armazenamento nas propriedades de pasta, térmicas e morfológicas de amido isolado dos grãos de sorgo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Produção de sorgo

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) é uma poácea anual, pertencente ao grupo das plantas com metabolismo C4, de estação quente, inserida a tribo *Andropogoneae*, gênero *Sorghum*. Trata-se uma espécie ereta, com sistema radicular ramificado e profundo, altura variável de 0,4 a 2,00 m, folhas largas, planas, parecidas com as do milho, de 40 - 60 cm de comprimento por 4-7 cm de largura, com colmo robusto e medula macia. Sua panícula é ereta, compacta, multiflora, ovalada a elíptica, de 10 - 30 cm de comprimento por 4 – 10 cm de diâmetro (BURKART, 1969).

A produção mundial de sorgo (tab. 1) segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), vem se mantendo constante. Na safra 2012/2013 a produção mundial de sorgo cresceu 8,33% comparada a safra anterior. Dessa forma, a produção passou de 48 milhões de toneladas para 52 milhões. Segundo informações do USDA, 32 milhões foram destinados à alimentação, produção de álcool e uso industrial, enquanto 23 milhões são gastos como forma de ração na produção agropecuária. Os padrões de consumo e utilizações que vem se mantendo nos últimos anos.

Tabela 01- Oferta e Consumo mundiais de sorgo, em milhões de toneladas.

Ano ¹	Oferta			Consumo				
	Produção	Importações ²	Oferta total ³	Alimentos, álcool e uso industrial	Ração	Consumo ⁴	Exportações ²	Consumo Total ³
2006/07	50	5	59	34	19	54	2	56
2007/08	53	10	67	35	24	59	3	62
2008/09	53	6	64	35	21	56	2	58
2009/10	45	6	56	29	22	51	2	53
2010/11	54	7	64	32	24	56	3	58
2011/12	48	5	58	30	21	52	5	57
2012/13	52	7	62	32	23	54	4	58

¹ Agregado baseado nos períodos dos mercados locais. Os dados mais recentes podem ser preliminares ou projetados

² Exclui o comércio intra-europeu

³ A soma dos totais pode não ser exata em razão de arredondamentos.

⁴ O consumo estrangeiro inclui exportações de países que não compõem a base de dados

Fonte: USDA, Foreign Agriculture Service, Production, Supply, and Distribution Database.

Os maiores produtores mundiais estão localizados na América do Norte, no qual os Estados Unidos é o maior produtor, produzindo em torno de 11 milhões de toneladas na safra 2013/2014. O segundo maior produtor mundial é o México, do mesmo continente, com uma safra de aproximadamente 6,5 milhões de toneladas.

O Brasil aparece com uma safra de aproximadamente 2,2 milhões de toneladas que vem se mantendo constante nos últimos anos, ocupando a oitava posição em produção. O Brasil fica atrás da Argentina, que produziu mais do que o dobro do que Brasil, com aproximadamente 5,5 milhões de toneladas.

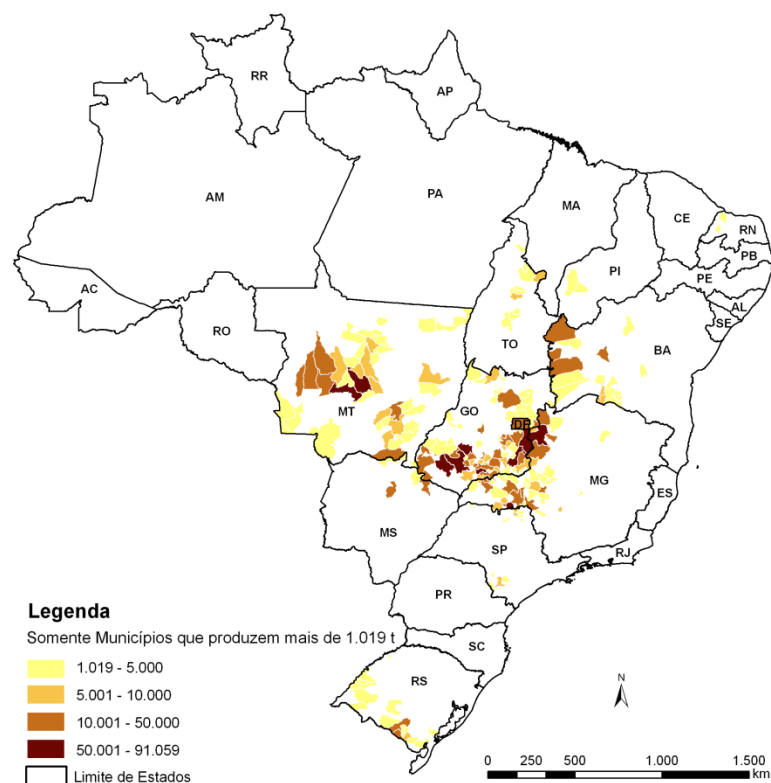


Figura 01- Mapa da produção agrícola – Sorgo.
Fonte: Conab (2014)

A produção brasileira está distribuída em diferentes regiões do país, mostrando-se adaptada às diferenças climáticas existentes no Brasil (Fig. 1) (CONAB, 2014). Conforme dados da Conab, as regiões o norte e nordeste tiveram um expressivo aumento de área plantada entorno de 32%, e produção mais de 253% evidenciando maior controle no manejo das variáveis que envolvem a cultura, visto que com apenas o aumento de 32% na área produzida obteve-se um

acrécimo 168% na produtividade, deixando claro que a região tem muito a desenvolver na cultura, visto que este acréscimo ocorreu de um ano de cultivo para outro.

Porém em um âmbito nacional todo este acréscimo de produção da região não representa muito, pois contribui apenas com 11,59% do total produzido. O Rio Grande do Sul é o único estado do sul do país com produção significativa, e obteve uma queda de 49% da produção devido à redução da área plantada. As grandes regiões produtoras centro-oeste e sudeste obtiveram acréscimo de 2,4 e 3,2% em sua produção total, o que representou uma pequena elevação de 6,4% na produção de sorgo.

O estado de Goiás lidera a produção nacional com 933,4 mil toneladas, acréscimo de 3,7% em relação à safra anterior, seguido por Minas Gerais (527,2 mil toneladas) e Mato Grosso (350,7 mil toneladas).

2.2. Características do grão

As características do grão de sorgo exibem uma grande diversidade no que diz respeito à cor, forma e tamanho, assim como em outros aspectos dos componentes anatômicos (CORREIA, 2010). A estrutura básica do grão é análoga à dos outros cereais, sendo os seus elementos anatômicos principais o pericarpo, o endosperma e o gérmen (Fig. 2). A distribuição relativa destes três componentes anatômicos varia conforme a espécie de sorgo, sendo o peso médio do pericarpo, do endosperma e do gérmen correspondentes, 7,9%, 82,3% e 9,8% do peso do grão (HUBBARD et al., 1950). A proporção entre o endosperma e o gérmen é geralmente de 8,4:1 (FAO, 1995).

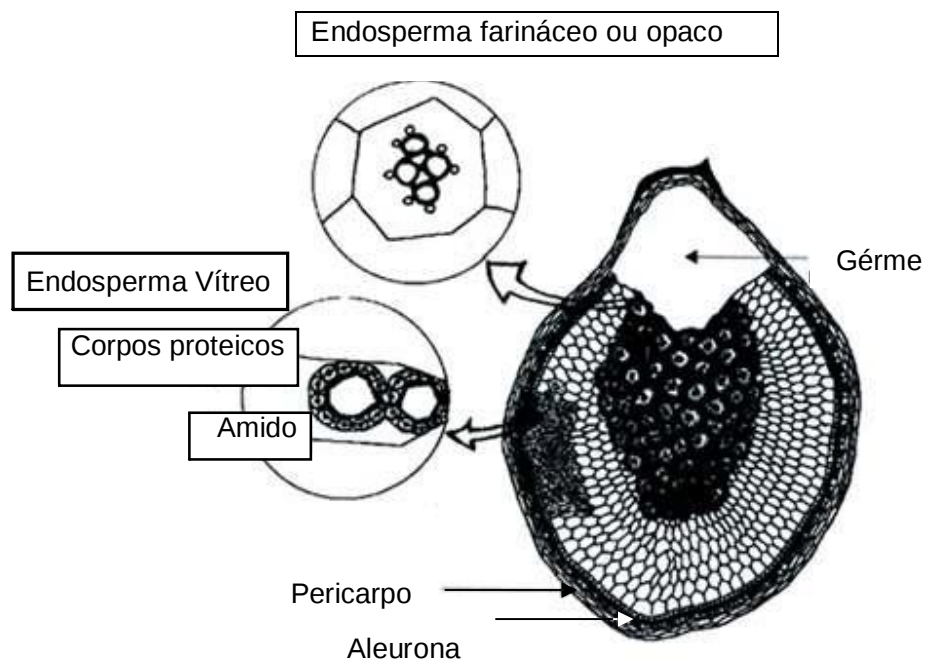


Figura 02 - Estrutura do grão de Sorgo.
Fonte: CORREIA, (2010).

2.2.1. Pericarpo

O pericarpo, elemento mais externo do grão, é composto por três subcamadas: o epicarpo, o mesocarpo e o endocarpo (SERNA-SALDIVAR; ROONEY, 1995). O epicarpo é a camada mais externa do pericarpo, subdivide-se em epiderme e hipoderme. A epiderme é constituída por células grossas, alargadas e retangulares com um revestimento cutínico na superfície exterior. Na epiderme encontram-se pigmentos. A hipoderme, por sua vez, é constituída por células ligeiramente menores e tem de uma a três camadas celulares de espessura (FAO, 1995).

O mesocarpo é a parte mais espessa do pericarpo, no entanto a sua espessura varia muito em função do genótipo. O mesocarpo do sorgo, contrariamente ao dos outros cereais, contém pequenos grânulos de amido (1-4 μm). Certas linhagens de sorgo possuem um pericarpo muito fino com apenas alguns vestígios de células do mesocarpo (HOSENEY et al., 1987).

O endocarpo, camada mais interna do pericarpo, é composto por células

transversais e por uma camada de células tubulares que transportam a umidade para o grão. Na maturação do grão verifica-se o rompimento das camadas de células transversais e tubulares (FAO, 1995).

2.2.2. Endosperma

O maior componente do grão é o endosperma, importante tecido de armazenamento. A camada mais externa do endosperma é a aleurona, cujas células contêm corpos proteicos com pequenos corpos lipídicos e são ricas em minerais, vitamina B e algumas enzimas (FAO, 1995). As zonas periféricas do endosperma apresentam uma textura córnea.

As células do endosperma imediatamente abaixo das células de aleurona contêm grânulos de amido e proteínas. O amido contido nestas células, não está facilmente disponível ao ataque enzimático, a menos que as proteínas que lhe estão associadas também sejam atacadas (CHANDRASHEKAR; KIRLEIS, 1988).

O endosperma do sorgo divide-se em duas partes visivelmente identificáveis. A parte mais externa é de aparência vítrea, enquanto a mais interna é opaca ou farináceo. A razão entre estas duas partes parece depender de questões genéticas. Os grânulos de amido no endosperma vítreo possuem forma poligonal e encontram-se empacotados sem espaços vazios entre eles (SEKINGER; WOLF, 1973, HOSENEY et al., 1974)

2.2.3. Gérmen

As duas partes principais do gérmen são o embrião e o escutelo. O escutelo é um tecido de armazenamento, rico em lipídeos, proteínas, enzimas e minerais (FAO, 1995).

2.3. Secagem e armazenamento

Como todos os grãos produzidos em larga escala, o sorgo apresenta uma produção sazonal é utilizada a secagem como método de conservação. Nas últimas safras constata-se um crescente aumento da produção de grãos, devido ao grande incremento de tecnologias na área de produção, entretanto, este não ocorre na pós-

colheita, resultando em gargalos ou pontos de estrangulamento no fluxo das etapas de recepção e secagem dos grãos. Isso, além de reduzir a cadência operacional, provoca redução na qualidade dos grãos, ocasionada principalmente pelos elevados graus de umidade e impurezas que contêm quando provêm da colheita mecanizada, que é mais utilizada (ELIAS, 2012).

Os grãos de sorgo quando são colhidos com umidade ideal, em torno de 22%, necessitam secagem até níveis ideais de umidade para o armazenamento seguro. No entanto, no período da safra as unidades de secagem de grãos visando aumentar o fluxo nos secadores tentem a utilizarem temperaturas mais elevadas do que as recomendadas.

A secagem é processo de transferência simultânea de calor e de massa. O ar, ao mesmo tempo em que fornece calor ao sistema, absorve água do produto em forma de vapor. O gasto de energia provocado pela evaporação da água é acompanhado por um resfriamento do ar. Contudo, o ar absorve em forma de vapor o que perdeu sob a forma de calor, caracterizando um processo isoentálpico. Grãos são produtos higroscópicos e, como tais, sofrem variações no seu conteúdo de água, de acordo com as condições do ar que os rodeia (ELIAS et al., 2012).

A secagem artificial é realizada a partir de estruturas específicas construídas para esse fim, onde o ar é forçado a passar pela massa de grãos, possibilitando a secagem de grandes quantidades de grãos em curtos espaços de tempo independentemente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (AOSANI, 2007).

O aquecimento do ar de secagem, com a finalidade de diminuir sua umidade relativa, aumentar sua entalpia e sua capacidade evaporativa, deve ser controlado dentro de limites determinados, em virtude dos danos físico-químicos e biológicos que podem causar aos grãos (MILMAN, 2002).

A qualidade dos grãos tem se tornado um aspecto muito importante, tanto para comercialização interna como para exportação. Dos processos da pós-colheita, a secagem é a mais importante para a manutenção da qualidade dos grãos, além de ser a fase em que o consumo de energia é mais significativo (DEVILLA, 1999).

A forma de armazenagem de cereais e leguminosas é o grão vivo, onde o sistema fisiológico e metabólico está ativo. Este contém alta concentração de

substâncias nutritivas e pode ser armazenado graças a seu baixo teor de água (GWINNER, 1997).

O armazenamento por longos períodos requer medidas de controle de qualidade obtidas em testes, onde fatores como variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura do grão, bem como a avaliação do grau de desenvolvimento de microrganismos, de insetos e de ácaros, a presença de roedores e a variação de acidez do óleo, entre outros, devem ser considerados (ELIAS et al., 2012).

Os grãos armazenados em condições inadequadas resultam em aumentos na oxidação lipídica e do conteúdo de ácidos graxos livres (GALLIARD, 1986), formando um complexo helicoidal com a amilose ou reduzindo o comprimento das cadeias longas de amilopectina, alterando as propriedades físicas e nutricionais do grão e dos seus produtos finais (HAYFA; COPELAND, 2007; HASJIM et al., 2010).

No caso do milho, o atraso na colheita tem sido considerado um dos fatores que faz aumentar as perdas por insetos no campo e durante o armazenamento (SANTOS et al., 1997). Deste modo, os grãos permanecem na lavoura devido aos sistemas de secagem não terem capacidade para atender a toda a demanda necessária, sendo um gargalo para o processo.

2.4. Amido

O amido é o principal componente do grão de sorgo, seguido das proteínas, carboidratos não amiláceos e das gorduras) e a principal fonte de armazenamento dos carboidratos (VERBRUGGEN, 1996, VERBRUGGEN et al., 1993). O conteúdo em amido no sorgo varia de 56 a 73%, sendo o valor médio de 69,5% (JAMBUNATHAN; SUBRAHMANYAN, 1988). Ocorre em grânulos de forma poligonal e esférica, com tamanhos que variam de 4 a 35 µm de diâmetro (STARK e OTHERS 1983).

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais como carboidrato de reserva, sendo utilizada como uma das fontes potenciais mais importantes de amido são grãos de cereais (40 a 90% do seu peso seco), grãos de leguminosas (30 a 70% do seu peso seco) e os tubérculos (65 a 85% do seu peso seco) (FREITAS et al., 2003).

Pesquisas sobre a avaliação da relação existente entre a estrutura molecular do amido e o comportamento de suas propriedades funcionais sugerem que diversas características estruturais, como o teor de amilose, a distribuição de comprimento das cadeias de amilopectina e o grau de cristalinidade dos grânulos, estão intimamente relacionadas aos eventos associados com a gelatinização e a retrogradação (DENARDIN; SILVA 2009). Entre estes eventos estão: inchamento dos grânulos, lixiviação de amilose e/ou amilopectina, perda da estrutura radial (birrefringência), cristalinidade, molecular e de recristalização.

O amido compreende duas frações dos polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina. A amilose (Fig. 3) é composta de uma cadeia com poucas ramificações ramificações ao em torno de 1%, formada de unidades ligadas de α -D-glucopiranosose por ligações glicosídicas α -(1-4). Apresenta um tamanho médio da cadeia de aproximadamente 103 unidades de glicose e sua forma quase linear resulta na formação de hélices com interior hidrofóbico, podendo acomodar moléculas pequenas como ácidos graxos e iodo (BILIADERIS et al., 1991; BULÉON et al., 1998).

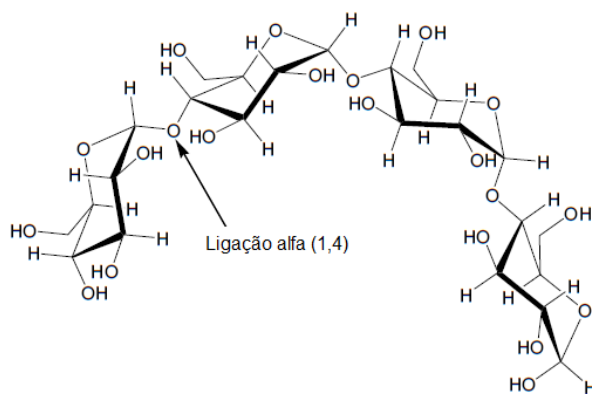


Figura 03 - Estrutura da amilose.
Fonte: Adaptado de WADUGE (2002)

A amilopectina apresenta uma cadeia ramificada composta também de unidades de α -D-glucopiranosose unidas por ligações α -(1,4), mas contendo 5 a 6% de ligações cruzadas α -(1,6) entre um grupo hidroxila de uma cadeia de glicose e o carbono seis da glicose de outra cadeia (Fig. 4). A amilopectina apresenta tamanho médio das ramificações de aproximadamente 20 ou 30 unidades de glicose, (BILIADERIS et al., 1991; BULÉON et al., 1998).

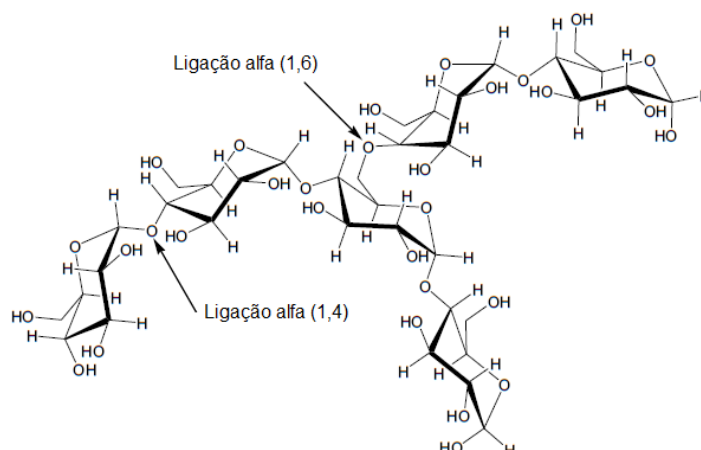


Figura 04. Estrutura química da amilopectina.
Fonte: Adaptado de WADUGE (2002)

2.4.1. Efeitos da secagem e do armazenamento sobre as propriedades do amido

A adequação das condições de secagem é de fundamental importância para a qualidade do processo, pois a utilização de temperaturas elevadas pode afetar as propriedades térmicas (ALTAY e GUNASEKARAN, 2006; HAROS et al., 2003), reológicas (HARDACRE e CLARK, 2006) e estruturais, reduzindo o poder de inchamento do amido. Altas temperaturas de secagem parecem conferir aos grânulos de amido uma rigidez que diminui o poder de inchamento e os índices de solubilidade de água durante o processo de gelatinização, sendo que estas mudanças estruturais nos grânulos de amido afetam as características de comportamento de pasta, reduzindo o pico máximo de viscosidade, a quebra de viscosidade (*breakdown*) durante o período de aquecimento da amostra, entretanto aumenta a temperatura inicial de gelatinização, além de afetar os parâmetros de textura de gel (MALUMBA et al. 2009).

O armazenamento por longos períodos reduz o rendimento de extração do amido durante a moagem por via úmida devido à degradação do amido e as interações entre o amido e os outros componentes do grão (ABERA e SUDIP, 2003). O armazenamento dos grãos também provoca uma diminuição na solubilidade e digestibilidade da proteína nos grãos (CHRASTIL, 1990).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Foram utilizados grãos de sorgo granífero do cultivar BRS 330 produzidos no município de Aceguá - Rio Grande do Sul, Brasil, localizado a latitude: 31° 45' 11" Sul, longitude: 54° 3' 22" Oeste e altitude de 104 metros do nível do mar, colhidos manualmente com umidade próxima a 22%. Logo após a colheita, os grãos foram acondicionados em sacos de polietileno transportados até o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial - DCTA, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" - FAEM, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, onde o estudo foi realizado e conduzido o experimento.

Os grãos foram secados em secador protótipo do Laboratório de Grãos até aproximadamente de 12,5 % de umidade, com ar de secagem: 25°C (temperatura ambiente), 45, 65 e 85 °C, onde a temperatura ambiente foi considerada a destemunha. Após a secagem as amostras foram divididas em três partes iguais. Após a secagem os grãos foram acondicionados com temperatura controlada de 16 °C na sala de armazenamento do Laboratório de grãos, onde permaneceram por até 6 meses, onde todas as amostras sofreram as mesmas influências do ambiente.

3.2. Delineamento experimental

Após a secagem, amostras de 1600 gramas foram armazenadas em sacos de polietileno a temperatura 16 °C na sala de armazenamento do laboratório por um período de até 6 meses, onde todas as amostras estavam em iguais condições. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

Os grãos de sorgo foram secados a 25, 45, 65 e 85 °C e armazenados em iguais condições. As avaliações foram realizadas em triplicata no início do armazenamento (inicial), aos três e seis meses, para os grãos (Tab. 2) e para o amido (Tab. 3). Em cada tratamento foram coletadas três repetições em cada tempo de armazenamento. As amostras foram homogeneizadas e posteriormente analisadas em triplicata para cada uma das variáveis dependentes.

O experimento foi estruturado em dois estudos, conforme descritos nas tab. 02 e 03, a seguir. Foram avaliadas as alterações nas propriedades físico-químicas de grãos de sorgo secos a temperaturas diferentes e armazenados durante 6 meses em diferentes temperaturas e comparando entre si tendo como controle a ambiente

(25°C). Para o amido foram avaliadas as propriedades do amido de sorgo, secos em diferentes temperaturas e armazenados por até seis meses.

Tabela 02. Delineamento experimental para avaliar as alterações nas propriedades tecnológicas dos grãos de grãos de sorgo armazenados durante seis meses

Variáveis independentes		Variáveis dependentes
Temperatura (° C)	Tempo de armazenamento (meses)	
25	0	Proteína bruta
45		Lipídios
65	3	Cinzas
85		Peso mil grãos
	6	Peso volumétrico
		Unidade
		Propriedades de pasta
		Fibra bruta

Tabela 03. Delineamento experimental para avaliar as alterações nas propriedades do amido armazenados 6 meses e secos as temperaturas: ambiente (25 °C), 45 °C, 65 °C e 85 °C.

Variáveis independentes		Variáveis dependentes
Temperatura (° C)	Tempo de armazenamento (meses)	
25	0	Proteína bruta (Pureza)
		Lipídios (Pureza)
		Cinzas (Pureza)
45	3	Rendimento de extração
		Poder de inchamento
		Solubilidade
65	6	Propriedades de pasta
		Propriedades térmicas - DSC
85		Cristalinidade - Raio-X
		Propriedades morfológicas -MEV

3.2.1. Umidade

A umidade foi determinada conforme o método descrito pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000), durante 24h a 105°C em estufa.

3.2.2. Peso de mil grãos

O peso de 1000 grãos foi realizado segundo Regras para Análise de Sementes (RAS, 2009), com contagem de 8 repetições de 100 grãos cada e pesagem em balança de precisão. Os resultados foram expressos pela média das repetições.

3.2.3. Peso volumétrico

O peso volumétrico foi determinado segundo o método descrito nas Regras para Análise de Sementes (RAS, 2009) com oito repetições em balança de precisão. Os resultados foram expressos pela média das repetições.

3.2.4. Composição química

A umidade foi determinada conforme o método descrito pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000), durante 24h a 105°C em estufa. Os teores de proteína bruta, cinzas, extrato etéreo foram determinados de acordo com métodos descritos *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (2006). O teor de fibra bruta total foi determinado utilizando método químico, determinando o resíduo orgânico insolúvel da amostra, após digestão ácida e alcalina, sendo descontados destes os valores de cinzas (BRASIL, 1991).

3.2.5. Extração do amido

A extração do amido foi realizada conforme o método proposto por SHANDU et al. (2005), com adaptações. O procedimento de extração do amido de sorgo por via úmida está apresentado na Fig. 5.

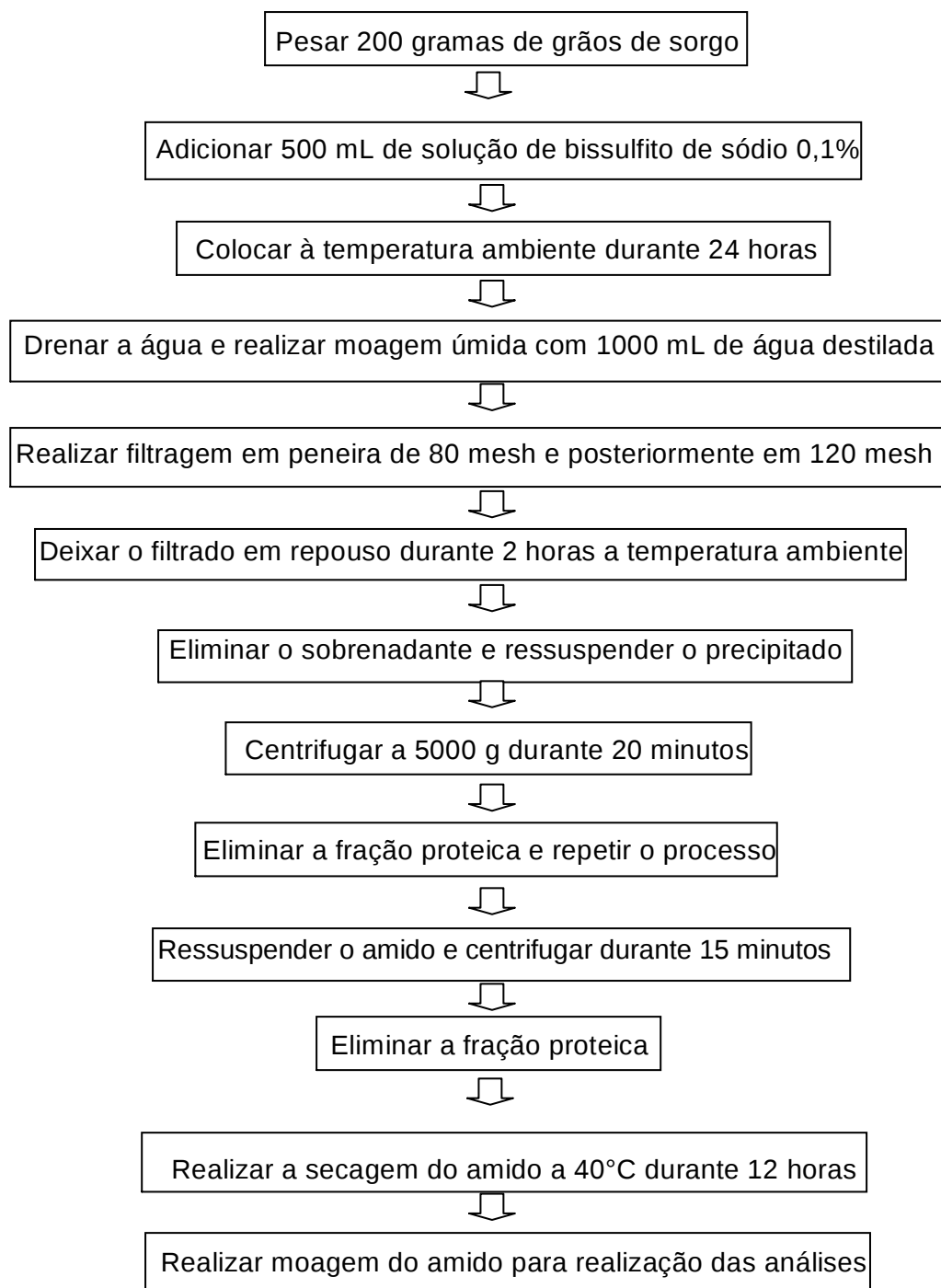


Figura 05 - Fluxograma do método utilizado para extração do amido dos grãos de sorgo.

3.2.6. Rendimento de extração

O rendimento de extração foi determinado com a pesagem do amido obtido após a secagem, e os resultados expressos em percentagem, considerando 100 gramas de grãos utilizados para extração.

3.2.7. Grau de pureza

O teor de proteína bruta, lipídios e minerais do amido foi determinado de acordo com métodos descrito pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2006).

3.2.8. Poder de inchamento e solubilidade

O poder de inchamento e a solubilidade dos amidos do sorgo foram determinados de acordo com o método descrito por LEACH et al. (1959). A determinação ocorreu mediante suspensão de 1 g de amido (base úmida) em 50 mL de água destilada em tubos de centrífuga Falcon previamente tarados. A suspensão foi agitada e levada a banho-maria com agitação constante por 30 min nas temperaturas de 60, 70, 80, 90°C. Após, os tubos foram resfriados à temperatura ambiente e centrifugados a 1000 g por 20 min. O sobrenadante foi coletado e levado à estufa a 105°C até peso constante para a quantificação do amido solubilizado. O amido sedimentado no tubo de centrifuga foi pesado para determinação do poder de inchamento. Calculou-se a solubilidade através da relação entre a massa solúvel e a massa inicial de amido, expressa em porcentagem, sendo o poder de inchamento obtido pela relação entre a massa intumescida e a massa inicial de amido.

3.2.9. Propriedades de pasta

As propriedades viscoamilográficas dos amidos foram avaliados por RVA – Rapid Visco Analyser (modelo RVA – 4, Newport scientific, Austrália) por meio do perfil Stanford Analysis 1 utilizando-se 3,0 g de amostra corrigida para 12 % umidade. As amostras foram aquecidas a 50 °C em 1 min e, posteriormente, a 95 °C em 3,5 min, sendo mantidas a 95 °C durante 2,5 min. A seguir, foram resfriadas para 50 °C em 3,8 min e mantidos a 50 °C por 2 min. A velocidade de rotação foi mantida a 960 rpm durante 10 s e então mantido a 160 rpm durante o restante do processo. Foram avaliadas a temperatura de pico, viscosidade máxima, viscosidade mínima, viscosidade de quebra, viscosidade final e retrogradação.

3.2.10. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

As propriedades térmicas das amostras foram avaliadas, utilizando um calorímetro diferencial de varredura (DSC, TA Instruments, modelo 2010, New Castle, USA). Foram pesados $\pm 2,5$ mg de amido em recipientes de alumínio e adicionado água destilada (1:3 p/p). As amostras foram aquecidas em atmosfera de nitrogênio de 20 a 100°C com uma rampa de aquecimento de 10°C por minuto. A entalpia de gelatinização (ΔH), a temperatura inicial (T_0), o pico de temperatura (T_p) e a temperatura final (T_c) de gelatinização foram computados automaticamente. A diferença de temperaturas ($T_c - T_0$) também foi apresentada.

3.2.11. Índice de Cristalinidade Relativa (Raio-X)

Os padrões de difração de raio-X foram obtidos com um difractômetro de raio X (XRD-6000, Shimadzu, Brasil). A região de varredura da difração variou de 5 a 30°, com uma tensão de 30 Kv, uma corrente de 30 mA e uma velocidade de digitalização de 1° por minuto. O índice de cristalinidade relativa (IC) dos grânulos de amido foi quantitativamente estimado de acordo com método proposto por Rabek (1980). O IC é definido como a razão entre a área da região cristalina (A_c) e a área total coberta pela curva ($A_c + A_a$), composta pela área da região cristalina (A_c) e a área da região amorfa (A_a), a partir da equação abaixo.

$$IC (\%) = \frac{A_c \times 100}{A_c + A_a}$$

3.2.12. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A morfologia dos grânulos de amido foi examinada por microscópio eletrônico de varredura (Shimadzu, SSX-550). As amostras de amido foram inicialmente suspensas em acetona para se obter uma suspensão 1% (w/v) e mantidas em banho ultrassônico durante 15 minutos. Uma pequena quantidade de cada amostra foi distribuída diretamente a superfície do topo das estruturas de medição e secou-se em estufa a 32°C durante uma hora subsequentemente, todas as amostras foram revestidas com ouro e examinadas em Microscopia Eletrônica de Varredura sob uma voltagem de aceleração de 15 kV e uma ampliação de 1500x e 3000x.

3.2.13. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA, e o efeito da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento foram avaliados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para o procedimento estatístico utilizou-se o programa R, versão 3.1.1. e o pacote de dados “agricolae” (MENDIBURU, 2014; R CORE TEAM, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físico-químicas

A análise de variância para os parâmetros peso de mil grãos (P1000), peso volumétrico (PV), teor de proteínas, lipídios, cinzas e fibras, indicaram que houveram interações significativa entre os fatores temperatura de secagem e período de armazenamento para as variáveis.

4.1.1. Teor de água dos grãos

Na tab. 4 é apresentado o grau de umidade dos grãos de sorgo secados em diferentes temperaturas e armazenados a 16 °C por 6 meses.

Tabela 04. Grau de umidade* (%) de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25(Testemunha)**	12,58	12,44	12,92
45	A 12,10±0,04 a	A 12,00±0,16 a	A 12,58±0,33 a
65	B 11,34±0,4 a	B 11,58±0,19 a	B 11,45±0,24 a
85	B 11,54±0,1 a	B 11,72±0,2 a	B 11,92±0,29 a
Média	11,89	11,94	12,22
C.V. (%)		1,73	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental.

As temperaturas de secagem não interferiram nas trocas de umidade com a atmosfera, não apresentando transferências de água, ar para o grão e vice e versa conforme vemos na Tab. 5. Em todo o período de armazenamento, os grãos apresentaram variações do grau de umidade, demonstrando que a diferença da temperatura de secagem não influencia nas trocas com o ambiente.

4.1.2. Peso de mil grãos

Na Tab. 5 estão apresentados resultados referentes às análises de peso de mil grãos de grãos de sorgo secados em diferentes temperaturas e armazenados a 16 °C por 6 meses.

Tabela 05. Peso de mil grãos* de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25**Testemunha	28,97	28,98	28,98
45	A 28,81±0,14 a	A 29,02±0,2 a	AB 28,82±0,11 a
65	C 27,38±0,1 b	C 27,46±0,24 b	B 27,55±0,16 b
85	B 28,26±0,08 a	B 27,99±0,32 b	C 27,25±0,19 c
Média	28,35	28,36	28,15
C.V. (%)	0,38		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental.

Os grãos secos a 45 °C apresentou maior peso de mil grãos do que os demais tratamentos nos 6 meses de armazenamento estudados (Tab. 5). Quando secados a 25 °C e 45 °C, o peso de mil grãos não diferiu entre os três períodos de armazenamento, entretanto, a 65 °C os grãos armazenados durante 3 meses apresentaram resultados superiores aos demais períodos. Para os grãos secados a 85 °C, o período de armazenamento de zero foi superior a três meses, e este superior a seis meses, resultado esse que está de acordo com o citado por Carneiro

(2003), no qual demonstra em seu estudo que o peso de mil grãos diminui com o decorrer do armazenamento em grãos de trigo. Segundo Simione al. (2008) e Silva et al. (1995), o aumento da temperatura do ar de secagem promove redução de peso volumétrico do peso de mil grãos.

4.1.3. Peso volumétrico dos grãos

Na Tab. 6 está apresentado o de peso volumétrico dos grãos de grãos de sorgo secos com 4 temperaturas e armazenados a 16 °C por 6 meses.

Tabela 06. Peso volumétrico dos grãos* de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	158,58	159,49	159,23
45	D 156,19±0,11 a	D 154,67 ±0,24 b	D 154,45±0,21 b
65	B 165,09±0,15 a	B 165,11±0,18 a	B 164,99±0,3 a
85	A 171,10±0,19 a	A 171,00±0,1 a	A 171,12±0,33 a
Média	162,74	162,57	162,45
C.V. (%)		0,36	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental.

O peso volumétrico foi incrementado pelo aumento da temperatura de secagem, apresentando maiores resultados nos tratamentos a 85 °C, e na sequência, os de 65 °C, os piores resultados foram obtidos pela temperatura de 45°C (Tab. 6). Em relação ao período de armazenamento houve diferença apenas para os tratamentos secados a 45 °C, onde o período de armazenamento inicial foi superior a três e seis meses, mostrando que houve interação temperatura de secagem e tempo de armazenamento para esta temperatura.

Os resultados estão de acordo com os relatos de Costa et al. (2010), que não encontraram diferenças significativas ao longo do armazenamento dos grãos de milho em silos herméticos.

4.1.4. Teor de proteína dos grãos

Na tab. 7 está apresentado os resultados referentes o teor de proteína de grãos de sorgo com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Tabela 7. Teor de proteína bruta* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	4,14	4,15	4,33
45	A 4,72±0,29 a	B 4,22±0,1 b	B 4,44±0,12 ab
65	A 4,55±0,20 a	A 4,74±0,19 a	A 4,96±0,1 a
85	B 4,43±0,14 ab	C 4,21±0,07 b	BC 4,35±0,22 b
Média	4,54	4,14	4,86
C.V. (%)	3,96		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Para os grãos avaliados no período inicial, os maiores teores de proteína foram obtidos nas temperaturas de secagem 45 °C e 65 °C, e os menores valores em 25 °C (tab. 7). Nos grãos armazenados por três meses não houve diferença no teor de proteínas entre as diferentes temperaturas de secagem. Aos seis meses, os grãos secados a 25 °C apresentaram maior teor de proteínas do que os grãos secados nas demais temperaturas, sendo as temperaturas de 45 °C e 85 °C apresentaram uma maior degradação destes compostos. Comportamento semelhante ao encontrado por Carvalho et al. (2004) onde foi observada a interação entre o aumento da temperatura de secagem e o tempo de armazenamento, elevando o teor de proteínas nos grãos.

4.1.5. Teor de lipídios dos grãos

Na tab.8 estão apresentados os resultados referentes às análises de teor de lipídios de grãos de sorgo com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Tabela 8. Teor de lipídios* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	3,94	3,12	2,99
45	A 3,83±0,35 a	D 2,73±0,3 c	D 2,82±0,22 c
65	C 3,13 ±0,25 b	C 3,08±0,15 b	C 3,15±0,05 b
85	D 2,86 ±0,27 c	C 2,93±0,2 bc	D 2,74±0,25 c
Média	3,44	2,96	2,97
C.V. (%)		1,16	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

O teor de lipídios sofreu redução com aumento da temperatura imediatamente após a secagem estando de acordo com por Carvalho et al. (2004) onde foi observada a interação entre o aumento da temperatura de secagem com a redução do teor de lipídios dos grãos.

Em relação ao período de armazenamento, o teor de lipídios foi maior nos grãos não armazenados quando estes foram secados a 25 °C (temperatura ambiente) e a 45 °C, nas temperaturas de 65, 85 °C não apresentaram diferenças estatísticas com o armazenamento.

4.1.6. Teor de cinzas

Na tab. 9 são apresentados os resultados referentes às análises do teor de cinzas dos grãos de sorgo secados com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Tabela 9. Teor de cinzas* dos grãos de sorgo secos em 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	1,05	1,05	1,11
45	A 1,24±0,3 a	A 1,38±0,33 b	A 1,41±0,2 c
65	B 1,16±0,23 b	B 1,18±0,28 b	A 1,26±0,3 a
85	C 1,06±0,09 b	C 1,04±0,3 b	B 1,13±0,28 a
Média	1,13	1,16	1,23
C.V. (%)	1,66		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

O maior teor de cinzas (fração mineral dos grãos) foi observado nos grãos secos a 45°C. Na comparação entre os períodos de armazenamento, o período de seis meses proporcionou maior teor de cinzas em todas as temperaturas de secagem.

O maior valor no teor de minerais durante o armazenamento implica em degradação da fração orgânica, pois a atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome materiais orgânicos durante o armazenamento (BHATTACHARYA; RAHA, 2002; FLEURAT- LESSARD, 2002), produzindo gás carbônico, água e calor, podendo alterar a proporção de minerais presentes nos grãos, assumindo valores proporcionalmente maiores.

4.1.7. Teor de fibras

Na tab. 10 estão apresentados os resultados referentes às análises de teor de fibras de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Tabela 10. Teor de fibras brutas* de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	%		
	0	3	6
25** Testemunha	2,09	2,04	2,03
45	B 2,04±0,05 b	A 2,07±0,16 a	A 2,08±0,16 a
65	B 2,04±0,12 a	B 2,04±0,11 a	B 2,03±0,18 a
85	B 2,03±0,16 a	B 2,04±0,17 a	B 2,04±0,2 a
Média	2,05	2,05	2,04
C.V. (%)	0,24		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental.

Os grãos de sorgo secos a 25 °C apresentaram o maior teor de fibras brutas no período inicial de armazenamento (Tab. 10). Nos períodos de armazenamento de 3 e 6 meses, a temperatura de secagem de 45 °C proporcionou maior preservação deste composto. Nos grãos secados a 25 °C (temperatura ambiente) o teor de fibras reduziu à medida que aumentou o período de armazenamento, sendo o menor resultado obtido no período de seis meses. Na temperatura de 45 °C o menor teor de fibras foi observado no período inicial de armazenamento, havendo maior concentração destes compostos nos períodos de três e seis meses. A secagem a 85 °C não resultou em diferenças estatísticas ao longo dos 6 meses armazenamento.

4.2. Grau de pureza do amido e rendimento de extração do amido

No grau de pureza do amido e rendimento de extração do amido não houve interação significativa entre os fatores temperatura de secagem e período de armazenamento para as variáveis rendimento extração e lipídios, já o teor de proteínas apresentou diferença somente no fator tempo e o teor de lipídios somente no fator temperatura, os minerais e umidade apresentaram diferenças significativas em ambos fatores analisados.

4.2.1. Rendimento de extração do amido

Na tab. 11 são apresentados os dados referentes ao rendimento de extração do amido em grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 11. Rendimento de extração* do amido de grãos de sorgo secos com quatro diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25**Testemunha	61,41	62,84	61,29
45	A 59,67±2,35 a	A 62,70±1,34 a	A 62,11±3,45 a
65	A 60,78±1,92 a	A 62,52±3,34 a	A 61,98±2,93 a
85	A 62,47±0,45 a	A 61,25±1,22 a	A 59,51±3,9 a
Média	61,08	62,33	61,22
C.V. (%)	2,44		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

O rendimento de extração (tab. 11) não sofreu alterações nem com o tempo de armazenamento nem com a diferença na temperatura de secagem. Estudos em milho mostram que o rendimento de extração a altas temperaturas foi semelhante aos encontrados, variando de 64,4 % a 43,3 %, (MALUMBA et al., 2009).

4.2.2. Grau de umidade

Na tab. 12 estão apresentados os dados referentes ao grau de umidade do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 12. Grau de umidade* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Período (meses)		
	(%)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	9,62	7,59	9,45
45	BC 8,86±1,23 b	A 8,10±1,31 b	A 9,97±1,08 a
65	A 9,92±0,23 a	B 7,16±2,03 b	A 9,98±2,23 a
85	C 8,41±1,01 b	AB 7,32±0,09 c	A 9,67±1,51 a
Média	9,20	7,54	9,76
C.V. (%)	4,57		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A interação do amido com a atmosfera (tab. 12) foi significativa, absorvendo e cedendo água ao ambiente em todas as temperaturas de secagem, o menor valor foi observado a três meses de armazenamento em todas as temperaturas de secagem, e ao longo do período sofreu uma reidratação.

4.2.3. Teor de proteína do amido

Na tab. 13 estão apresentados os dados referentes ao teor de proteína do amido em grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Segundo Sodhi et al., (2003), durante o armazenamento podem ocorrer interações entre proteínas, lipídios oxidados, amido, e conforme descrito por Hayfa et al. (2007), as cadeias de amilose podem formar complexos helicoidais, alterando as propriedades do amido, interferindo no rendimento de extração

Tabela 13. Teor de proteína* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	3	6
25** Testemunha	0,57	0,59	0,68
45	BC 0,45±0,07 a	C 0,34±2,36 a	BC 0,43±0,23 a
65	C 0,38±0,89 a	C 0,37±0,81 a	B 0,57±1,56 a
85	A 0,81±1,32 a	A 0,84±0,67 a	A 0,78±0,87 a
Média	0,55	0,53	0,62
C.V. (%)	26,6		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Os valores encontrados para proteína (tab. 13) mostraram que o fator tempo de armazenamento não interferiu estatisticamente nos valores, porém com a temperatura de secagem mostrou diferenças, sendo as mais altas encontradas a na temperatura de 85 °C. Os teores de proteína no amido de sorgo estão de acordo aos encontrados em estudos em milho, valores inferiores a 1,5 %, (MALUMBA et al., 2009).

Já segundo Haros et al. (2003) e Altay e Gunasekaran (2006), estes afirmam que as proteínas que permanecem no amido de milho, podem possivelmente reduzir a entrada de água para dentro dos grânulos durante a gelatinização, o que limita interações entre a água e os componentes de amido e aumento temperaturas de gelatinização.

4.2.4. Teor de lipídios do amido

Na tab. 14 são apresentados os dados referentes ao teor de lipídios do amido em grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 14. Teor de lipídios* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	0,46	0,50	0,36
45	A 0,36±0,09 a	A 0,79±1,42 a	A 0,64±2,39 a
65	A 0,35±1,02 a	A 0,68±0,48 a	A 0,59±1,23 a
85	A 0,36±2,12 a	A 0,63±0,39 a	A 0,72±2,01 a
Média	b 0,39	a 0,65	a 0,58
C.V. (%)	28,45		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Os teores de lipídios (tabela 14) no amido não sofreram influência da temperatura de secagem e nem do tempo de armazenamento, não diferindo estatisticamente em nenhum dos tratamentos. Segundo Debet e Gidley (2006), o teor residual de proteína e a presença de lipídios no grânulo de amido, podem provocar restrição do poder de inchamento durante a gelatinização do amido.

O teor residual de proteína e a presença de lipídios nos grânulos de amido podem provocar restrição do poder de inchamento durante a gelatinização do amido (DEBET; GIDLEY, 2006).

4.2.5. Teor de cinzas do amido

Na tab. 15 estão apresentados os dados referentes ao teor de cinzas do amido em grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 15. Teor de cinzas do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	1,05	1,05	1,11
45	A 1,24±0,34 b	A 1,38±2,31 a	C 1,00±0,33 c
65	B 1,16±1,78 b	C 1,04±0,48 b	A 1,26±1,90 a
85	C 1,06 ±2,32 b	C 1,04± 1,12 b	B 1,13±2,20 a
Média	1,13	1,16	1,14
C.V. (%)	1,66		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

O maior valor no teor de minerais do amido (cinzas) (tab. 15) só apresentou diferença estatística para temperatura de secagem para 65°C nos tempos de armazenamento de 3 e 6 meses, foi também aos 6 meses que apresentou um comportamento inverso aos demais com um teor menor de cinza, enquanto que os demais os maiores valores apresentado para o teor foi com 6 meses, indo ao encontro do que relatam estudos de Bhattacharya e Raha (2002) e Fleurat-Lessard (2002), onde é citado que com o armazenamento a degradação da fração orgânica, e aumentar os minerais proporcionalmente.

4.3. Parâmetros viscoamilográficos do amido

A análise de variância para os parâmetros de temperatura de pico, viscosidade máxima, quebra de viscosidade, retrogradação e viscosidade final do amido isolado de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados durante 6 meses, indicaram que houveram interações significativa entre os fatores temperatura de secagem e período de armazenamento para as variáveis.

4.3.1. Viscosidade de quebra

Na tab. 16 são apresentados os dados referentes à viscosidade de quebra do amido isolado de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 16. Viscosidade de quebra* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	124,83	131,17	135,00
45	B 131,13±0,68 b	A 146,54±1,02 a	B 128,05±0,54 b
65	A 140,42± 0,43 a	B 123,01±0,67 b	B 112,17±0,94 c
85	C 60,42± 0,77a	C 56,04± 0,81a	C 45,66±0,87 b
Média	114,20	114,19	105,22
C.V. (%)	1,66		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Os parâmetros viscoamilográficos do amido indicam o comportamento dos grãos durante o processamento (PERDON et al.,1997). A viscosidade de quebra variou em função da temperatura de secagem dos grãos de sorgo. Os grãos que foram secos a temperatura de 65 e 85 °C apresentaram uma redução na viscosidade de quebra com o período tempo de armazenamento, sendo observada uma grande redução da viscosidade de quebra no amido dos grãos secos a 65 °C nos 6 meses de armazenamentos, e os menores valores encontrados 85 °C indicando uma maior rigidez dos grânulos. Os resultados estão de acordo com os valores encontrados por Malunba, (2008) onde testou a influência da temperatura de secagem nas propriedades funcionais dos grânulos de amido.

4.3.2. Retrogradação

Na tab. 17 são apresentados os dados referentes à retrogradação do amido de grãos de sorgo secados com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 17. Retrogradação* do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C) / Período (meses)	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	3	6
25** Testemunha	85,41	89,88	94,04
45	BC 89,30±1,25 a	B 87,66±3,23 a	BC 89,21±1,89 a
65	B 99,75±2,53 a	B 95,58±2,23 b	B 98,79±2,21 b
85	A 114,50±1,13 a	A 110,55±1,89 a	B 99,54± b
Média	97,24	95,92	95,39
C.V. (%)	3,75		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A retrogradação se manteve constante ao longo do tempo apenas no amido dos grãos secos com temperatura de 45°C. Os maiores valores foram observados na temperatura de 85°C. Estudos realizados com armazenamento de arroz polido mostrou redução dos valores de viscosidade de quebra e elevação dos valores de retrogradação (SOWBHAGYA; BHATTACHARYA, 2001; ZHOU et al., 2003; TANANUWONG; MALILA, 2011) com o aumento do tempo de armazenamento comportamento inverso ao ocorrido. De acordo com Zhou et al. (2003), a redução no valor de viscosidade de quebra é o índice que melhor explica as alterações durante o armazenamento dos grãos, valores que segundo Noomhorm et al. (1997), indicam uma menor capacidade de rompimentos dos grânulos de amido após o armazenamento, resultado da complexação da amilose, estrutura linear da molécula do amido, com outros constituintes dos grãos, principalmente com proteínas, fortalecendo essas interações, e consequentemente, aumentando a estabilidade dos grânulos durante o aquecimento.

4.3.3. Temperatura de pasta

Na tab. 18 são apresentados os dados referentes a temperatura de pasta do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 18. Temperatura de pasta* do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	73,43	73,53	73,05
45	B 73,95±0,88 a	B 73,48 a	B 73,90 a
65	B 73,78±0,38 a	B 73,85 a	B 74,35 a
85	A 75,50±0,55 a	A 75,38 a	A 76,35 a
Média	74,16	74,06	74,41
C.V. (%)	0,61		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Houve aumento na temperatura de pasta do amido isolado dos grãos secos a 85°C, comparados aos demais tratamentos. Os resultados estão de acordo com relatos da literatura. A maior temperatura de pasta é um indicativo de que mais forças e ligações cruzadas estão atuando no grânulo de amido, fazendo com que seja necessário maior calor para que ocorra o rompimento desta e, logo, a formação de pasta (ZAVAREZE e DIAS, 2011).

De acordo com Sandhu e Singh (2007), a temperatura de pasta (tab. 18) é aquela em que inicia o aumento da viscosidade do amido. Neste estudo, a mesma não apresentou diferenças durante o período de armazenamento e também não apresentou diferenças em três dos quatro tratamentos, diferenciando-se apenas com 85 °C.

4.3.4. Viscosidade máxima

Na tab. 19 são apresentados os dados referentes a viscosidade máxima do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 seis meses.

Tabela 19. Viscosidade máxima* do amido de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	3	6
25** Testemunha	285,63	282,42	294,42
45	B 292,09±7,7 a	A 275,88±2,3 b	B 274,50±6,02 b
65	A 314,54±5,09 a	A 280,67±3,08 b	B 275,75±5,33 b
85	C 239,80±4,86 a	B 225,96± 1,89 b	C 224,00± 3,73 b
Média	283,01	266,23	267,17
C.V. (%)	0,87		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A viscosidade máxima (tab. 19) observada na testemunha foi aos seis meses de armazenamento, diferente do que aconteceu com os demais que apresentaram os menores valores para seis meses, demonstrando que a secagem a temperaturas maiores tem influência direta com a viscosidade máxima ao longo do armazenamento, e a máxima viscosidade se deu a 65 °C e tempo inicial de armazenamento. A máxima viscosidade foi observada no amido isolado dos grãos secos e no período inicial de armazenamento.

De acordo com Singh et al. (2003) a viscosidade máxima reflete a habilidade dos grânulos para inchar livremente antes de seu esgotamento físico, sendo que amidos, que são capazes de inchamento de um grau elevado também são menos resistentes à diminuição da viscosidade quando utilizados na culinária. De acordo com Paraginski (2013), o teor de amilose e o comprimento e a distribuição das cadeias de amilopectina afetam predominantemente as propriedades de pasta de amido, principalmente a viscosidade máxima.

4.3.5. Viscosidade final

Na tab. 20 estão apresentados os dados referentes a viscosidade final de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 20. Viscosidade final* de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	246,21	241,13	253,46
45	C 250,25±2,09 a	D 217,00±8,01 c	D 235,67±2,09 b
65	B 273,38±3,98 a	B 253,25±3,98 c	B 262,37±3,98 b
85	A 294,04±7,06 a	A 280,46±0,98 b	A 277,88±2,49 b
Média	265,97	247,99	257,34
C.V. (%)	1,14		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A viscosidade final (tab. 20) mais alta foi observada no amido isolado dos de sorgo secos a 85 °C, reduzindo ao longo do armazenamento. Os valores mais baixos foram na temperatura de 45°C, com o menor valor aos três meses de armazenamento.

Os parâmetros viscoamilográficos ligados a gelatinização são influenciados pela presença, orientação e natureza da superfície das interações do amido com lipídios e proteínas, que são ricos em aminoácidos básicos, que possuem propriedades hidrofílicas, formando ligações glicosídicas e peptídicas (ZHOU et al., 2003; SIRISOONTARALAK; NOOMHORM, 2007).

O aumento na estrutura das proteínas pode reduzir a fragilidade dos grânulos de amido intumescidos, ficando os grânulos inchados menos suscetíveis à desagregação (HAMAKER; GRIFFIN, 1993), resultando em maior valor de retrogradação. De acordo com Tananuwong e Malila (2011), grânulos mais inchados são menos resistentes à força de cisalhamento, aumentando a decomposição, sendo que com aumento do tempo de armazenamento, com maior grau de formação de ligação dissulfídicas, formam uma rede de proteínas grande e forte, retardando a absorção de água, e afetando os picos de viscosidade.

4.4. Calorimetria diferencial de varredura (DSC) do amido

4.4.1. Temperatura inicial de pico

Na tab. 21 são apresentados os dados referentes a temperatura inicial do pico de grãos de sorgo secados com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Tabela 21. Temperatura inicial do pico (T_0) de gelatinização, de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	65,35	66,99	56,07
45	67,88	66,4	66,15
65	66,85	68,26	66,7
85	66,56	67,21	68,89

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Os resultados indicam que a temperatura inicial de pico (tab. 21) sofreu um aumento na testemunha para 85 °C ao tempo inicial de armazenamento onde o maior valor apresentado foi na temperatura de 45 °C, ao longo do armazenamento a T_0 , teve uma queda de 9,28 °C do período inicial à 6 meses na testemunha, algo que não se repetiu nas outras temperaturas onde a maior redução foi de 1,73 °C na temperatura de 45 °C, o contrário ocorreu na temperatura de 85 °C aos 6 meses de armazenamento onde o valor foi 2,33 °C maior que o não armazenado. Apresentando comportamento semelhante ao encontrados por Malumba et al. (2010).

4.4.2. Temperatura de pico máximo

Na tab. 22 estão apresentados os dados referentes a temperatura de pico máximo do amido de grãos de sorgo com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Tabela 22. Temperatura de pico máximo (Tp), de grãos de sorgo secos com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	3	6
25** Testemunha	70,03	70,63	57,89
45	71,63	70,32	70,27
65	70,74	72,12	70,41
85	70,41	70,8	72,56

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A temperatura de pico máximo (Tp) (Tab. 22) foi semelhante no tempo zero, sendo os valores próximos à 70 °C o único que ultrapassou esta casa foi o de 45 °C que atingiu o valor de 71,75 °C, o mesmo aconteceu nos 3 meses de armazenamento onde os valores novamente ficaram ao entorno de 70 °C, porém desta vez o sobressaiu foi o tratamento a 65°C que apresentou um valor de 72,12 °C. No tempo três de armazenamento, na testemunha ocorreu uma queda de 12,14 °C em relação ao tempo zero, diferente do que ocorreu com os demais tratamentos a maior variação do tempo zero a seis meses de armazenamento foi em 85 °C, com uma variação foi de 2,15 °C.

4.4.3. Temperatura de conclusão

Na tab. 23 são apresentados os dados referentes a temperatura final de gelatinização pico do amido de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 23. Temperatura de conclusão do pico de gelatinização (Tc) do amido isolados de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses) (°C)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	75,13	75,32	61,18
45	76,22	74,53	75,03
65	75,19	76,57	74,41
85	74,81	75,57	76,59

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A temperatura de conclusão de gelatinização (Tab. 23) apresentou uma variação de o maior valor sem armazenamento a 45 °C e a menor a 85 °C. Essa diferença foi de 1,41 °C, já para três meses de armazenamento, a variação foi de 2,04 °C sendo a máxima a 65 °C e a mínima a 45 °C, aos seis meses ocorreu a maior variação dentre todas tendo à mínima a 25 °C (temperatura ambiente) o valor foi de 61,18 °C, valor 13,95 °C menor do que o não armazenado, e 15,41 °C menor do que o valor encontrado a 85 °C.

Mudanças nas propriedades e interações das proteínas contribuem para alterações nas propriedades de pasta, principalmente na viscosidade de quebra, pois o número de ligações dissulfídicas aumenta com o armazenamento, sendo estas menos sensíveis a degradação. Ji et al. (2004) sugerem a hipótese de que o início temperatura de gelatinização seria uma medida da perfeição de cristais de amido, sendo que cristais menos perfeitos mostram baixas temperaturas de início de gelatinização. O presente trabalho mostrou uma grande variação com o armazenamento da testemunha quando comparado com os demais aos 6 meses.

4.4.4. Diferença entre temperatura inicial de gelatinização e temperatura final de gelatinização

Na tab. 24 são apresentados os dados referentes diferença entre temperatura inicial e de conclusão de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 24. Diferença entre temperatura inicial e de conclusão de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	3	6
25** Testemunha	9,78	8,33	5,11
45	8,34	8,13	8,88
65	8,34	8,31	7,71
85	8,25	8,36	7,70

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

O ΔT ($T_c - T_o$) no tempo inicial de armazenamento apresentou o maior valor entre todos os tratamentos e aos seis meses o menor valor com uma diferença de 4,67°C, o comportamento do tempo inicial ao final de armazenamento foi de queda exceto na temperatura de secagem de 45°C que apresentou uma elevação quando comparado sem armazenamento com o de seis meses de armazenamento.

4.4.5. Entalpia de gelatinização

Na tab. 25 está apresentada a entalpia de gelatinização de grãos de sorgo secados com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Tabela 25. Entalpia de gelatinização (ΔH), de amido isolado de grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	10,49	8,44	14,31
45	9,24	7,14	8,20
65	8,09	8,90	5,98
85	6,96	12,29	6,01

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A entalpia de gelatinização (ΔH) (Tab. 25) apresentou o maior valor no início do armazenamento para a testemunha, com o valor de 10,49 J g⁻¹ e de 6,96

J g⁻¹ na temperatura de 85 °C. Já no tempo intermediário de armazenamento, a temperatura de secagem mais severa apresentou o maior valor de 12,29 J g⁻¹ e o menor valor a 45 °C. Com seis meses de armazenamento os valores sofreram uma queda quando comparada com o tempo inicial, com exceção da 25 °C (temperatura ambiente) que aumentou.

A entalpia e as temperaturas de gelatinização segundo Zhou et al. (2010) ao avaliar as propriedades térmicas de arroz armazenado em diferentes condições são afetadas pela temperatura e tempo de armazenamento. Ji et al., (2004) postularam a hipótese de que o início temperatura de gelatinização seria uma medida da perfeição de cristais de amido, sendo que cristais menos perfeitos mostram baixas temperaturas de início de gelatinização, entretanto no trabalho não foram encontradas grandes variações, o que indica que não ocorrem grandes alterações na estrutura dos grânulos.

4.5. Poder de inchamento e solubilidade do amido

A análise de variância dos fatores temperatura e tempo para as variáveis poder de solubilidade apresentou diferenças estáticas em 60, 70, 80 e 90 °C no fator tempo e temperatura, e para o poder de solubilidade apresentou diferenças significativas em 70, 80 e 90 °C no fator tempo e temperatura.

4.5.1. Poder de inchamento e solubilidade

Na tab. 26 estão apresentados os dados referentes ao poder de inchamento e a solubilidade do amido a 90 °C em grãos de sorgo secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 26. Poder de inchamento e solubilidade do amido a 90 °C para grãos de sorgo secados com quatro diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

Temperatura (°C)	Poder de inchamento 90°C g g ⁻¹		
	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	15,54	14,79	14,48
45	B 14,28±2,23 a	AB 14,51±1,35 a	A 14,83±1,30 a
65	A 15,54±0,89 a	A 15,46±1,61 a	B 13,54±2,80 b
85	C 13,05±3,26 b	B 14,19±0,89 a	C 12,37±1,02 b
Média	14,60	14,74	13,81
C.V.	3,57		
Temperatura (°C)	Solubilidade 90°C%		
	Período (meses)		
	Inicial	3	6
25** Testemunha	7,01	6,43	8,20
45	A 7,45±0,98 b	B 6,36±1,98 b	A 9,00±2,23 a
65	B 6,68±1,87 a	A 7,85±3,21 a	B 6,81±1,67 a
85	C 5,50±2,98 b	A 7,66±2,03 a	B 6,37±2,31 ab
Média	6,66	7,07	7,60
C.V.	9,79		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

A solubilidade analisada a 90 °C e com temperatura de secagem de 85 °C apresentou os menores valores em dois dos três tempos de armazenamento sendo que nos três meses ele apresentou o segundo maior valor.

Os resultados indicam que houve aumento do poder de inchamento e da solubilidade com o aumento da temperatura na análise. A solubilidade do amido na temperatura de 90 °C é resultante da lixiviação de amilose do interior do grânulo e da difusão para fora durante o intumescimento, passando de uma fase organizada para desorganizada, sua redução é devido a menor lixiviação de moléculas de amilose e pode ser resultado de uma maior interação entre as moléculas de amilose e amilopectina, impedindo a saída de moléculas do grânulo (Colussi, 2014).

O maior valor de solubilidade pode ser atribuído a uma estrutura menos rígida os grânulos de amido, permitindo a lixiviação de compostos durante o aquecimento (Paraginski, 2013). Segundo Leach et al. (1959) a força de

ligação dentro dos grânulos de amido influenciam o poder de inchamento, sendo que um amido altamente associado deve ser relativamente resistente ao aumento de volume, conseqüentemente, deve apresentar menor poder de inchamento. Segundo Nayouf et al. (2003) a solubilidade é resultado de grânulos inchados sem água intersticial entre as partículas, obtidos após o arrefecimento e centrifugação.

De acordo com Malumba et al. (2010), pré tratamentos de alta temperatura aplicada para amido pode afetar eventualmente a região amorfa de grânulos, induzindo provavelmente transições vítreas, que podem modificar a capacidade de ligação à água e subsequentemente, o comportamento de inchamento de grânulos em excesso de água. As maiores interferências no poder de inchamento e solubilidade quando comparados com a testemunha ocorreram nas temperaturas de 85 °C, enquanto as que mais se aproximou foram a de 45 °C.

4.6. Índice de cristalinidade relativa (Raio-X)

Na tab. 27 estão apresentados os resultados de cristalinidade do amido de grãos de sorgo, secos com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Tabela 27. Intensidade dos picos principais dos difratogramas de raio-x e cristalinidade relativa dos amidos de sorgo seco com 4 diferentes temperaturas e armazenados por 6 meses.

Temperatura (°C)	Pico 15			Pico 17		
	Período (meses)					
	Inicial	3	6	Inicial	3	6
25**	1912	2178	2236	2081	2567	2621
45	2263	2311	1855	2660	2659	2702
65	2350	2270	1798	2687	2612	2021
85	2262	2176	2285	2550	2494	2537
	Pico 18			Pico 20		
	Período (meses)					
	Inicial	3	6	Inicial	3	6
25**	2110	2691	2702	1332	1697	1699
45	2585	2666	2167	1730	1708	1373
65	2645	2601	2054	1723	1683	1299
85	2500	2460	2661	1650	1643	1672
	Pico 23			CR (%)		
	Período (meses)					
	Inicial	3	6	Inicial	3	6
25**	1611	2310	2224	18,37	20,87	20,41
45	2221	2280	1729	20,51	19,19	18,57
65	2217	2269	1571	20,12	20,91	17,91
85	2223	2139	2243	17,36	18,73	19,19

**Ar sem aquecimento, na condição ambiental

Os resultados indicam que a cristalinidade (Tabela 25) aumentou ao final de seis meses de armazenamento para as temperaturas de secagem ambiente (25 °C) e a 85 °C. Os resultados estão de acordo com o que Setiawan et al. (2010) relataram, um aumento da cristalinidade relativa ao final de seis meses de armazenamento em grãos de milho. A redução da cristalinidade pode ser atribuída a uma redução das cadeias de amilopectina, resultado de degradação enzimática (PARAGINSKI, 2013).

4.7. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Na Figura 06 são apresentadas as características morfológicas determinadas com microscopia eletrônica de varredura dos grânulos de amido isolados de grãos de sorgo secos com diferentes temperaturas e armazenados durante seis meses.

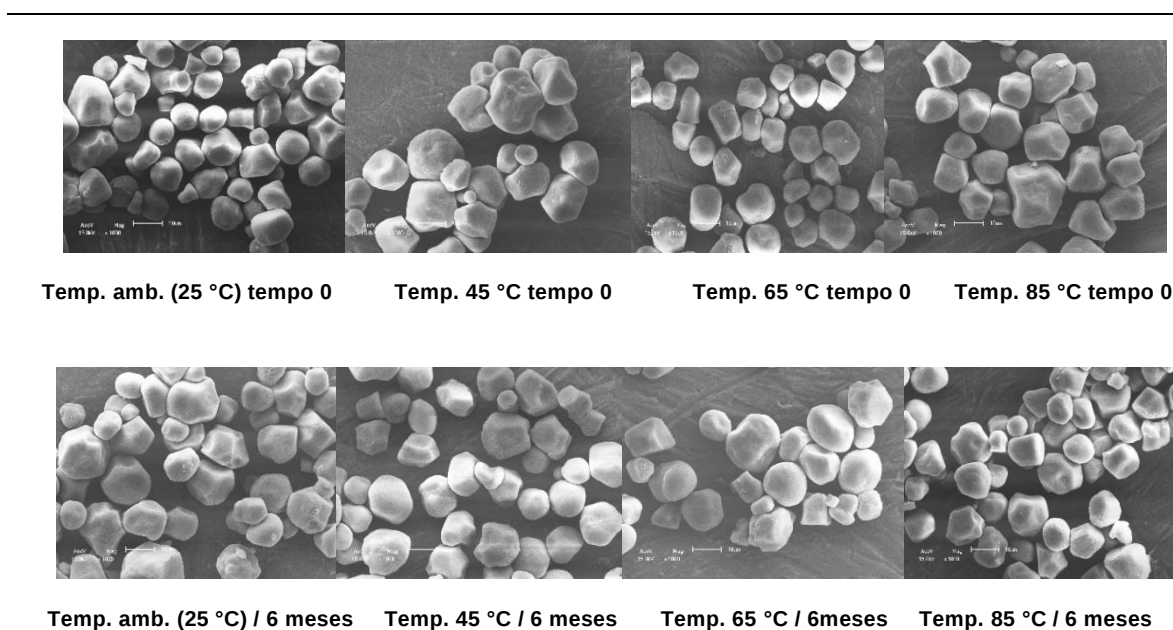


Figura 08. Micrografias obtida através de microscopia eletrônica de varredura dos amidos de sorgo secos com 4 temperaturas diferentes e por 6 meses.

A morfologia dos grânulos de amido foram investigados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e estão apresentados na figura 06. As micrografias dos amidos de sorgo mostraram a presença de grânulos poliédricos e ovalados. O MEV não revelou diferenças significativas entre a morfologia externa dos amidos ao longo do armazenamento e nas diferentes temperaturas de secagens.

Conclusões

Os grãos secos a temperatura de 45 °C provocou aumento no teor de proteínas no tempo inicial e uma redução ao longo do armazenamento mostrando efeito inverso a testemunha, ocorrendo elevação do teor de lipídios inicial e ao longo do armazenamento, para a pureza do amido a temperatura de 45 °C os menores teores de proteínas com 3 e 6 meses.

Na viscosidade de quebra a temperatura apresentou os valores mais próximos, retrogradação, temperatura de pasta, viscosidade máxima e viscosidade final apresentaram valores próximos a testemunha. E o poder de inchamento a 90 °C valores semelhante a testemunha exceto aos 3 meses de armazenamento que apresentou uma redução. A solubilidade ocorreu uma elevação aos 6 meses de armazenamento repetindo o comportamento da testemunha.

As temperaturas de 65 °C ocasionaram elevação dos valores de proteínas com 3 e 6 meses de armazenamento, e elevação dos lipídios em todos os tempos analisados. Para a pureza do amido foi a temperatura que obteve o valor menor inicialmente, a viscosidade de pasta apresentou redução ao longo do armazenamento, se assemelhando ao comportamento da testemunha nas temperaturas de pasta.

Os grãos secos a 85 °C foram os que obtiveram os comportamentos mais diferentes aos da testemunha nos parâmetros de teor de proteínas, teor de lipídios, viscosidade de quebra, retrogradação, temperatura de pasta, viscosidade máxima e viscosidade final. Além deste comportamento os grãos apresentaram o maior teor de impurezas do amido isolado.

Diante dos resultados obtidos a melhor temperatura de secagem mantendo ao máximo as características físico-químicas dos grãos e sobre propriedades físico-químicas, térmicas e de pasta do amido isolado de grão de sorgo é a 45 °C visto a redução do tempo de secagem, que é um fator importante na conservação dos grãos e também pelo aumento da capacidade de secagem das unidades de secagens.

REFERÊNCIAS

ABERA, S.; SUDIP, K.R. Effect of dry cassava chip storage on yield and functional properties of extracted starch. **Starch/Starke**, v.56, p. 232-240, 2004.

ALTAY, F.; GUNASEKARAN, S. Influence of drying temperature, water content, and heating rate on gelatinization of corn starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.4235–4245, 2006.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2006.

AOSANI, E. **Efeitos da temperatura do ar de secagem e das condições de armazenamento sobre a conservabilidade de grãos de soja**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado) UFPEL

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Moisture measurement- unground grain and seeds. In: Standards, 2000.St. **Joseph: ASAE**, p. 563, 2000.

BILLIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food constituents, **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, n.1, p. 60-78, 1991.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Dordrecht, v.155, n.3, p.135-141, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, Mapa / ACS, 399p., 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC. Métodos Analíticos para controle de alimentos para uso animal. INTERLAB VI. **Portaria 108, de 4 de setembro de 1991**. Diário Oficial da União, seção I, p.19813, 1991.

CARANEIRO, N. M., **Antecipação da colheita, secagem e armazenameto na manutenção da qualidade de grãos e sementes de trigo comum e duro**, 2003. 109p. Tese (doutorado) USP, Campinas.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; JÚNIOR, J. G. V.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUZA, R. M. Composição química e energética de amostras de milho submetidos a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.358-364, 2004.

CHANDRASHEKAR, A. E KIRLEIS, A. W. Influence on protein on starch gelatinization in sorghum. **Cereal Chemistry**, 65, p.457-462, 1988.

CHRASTIL, J. Influence of storage on enzyme in rice grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, p.1198-202, 1990.

COLUSSI, Rosana. **Acetilação em amido de arroz com diferentes teores de amilose e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2014. 85p. Dissertação (Metrado) UFPEL.

CONAB. Indicadores da agropecuária. **Brasil: decimo segundo levantamento**, v.1 safra 2013/2014, setembro, 2012.

Correia, A. I. L. **Contribuição para a melhoria da qualidade nutricional do sorgo**, 2010 269p. Tese (doutorado) Universidade de Aveiro.

COSTA, A.R.; FARONI, L.R.D.; ALENCAR, E.R.; CARVALHO, M.C.S; FERREIRA, L.G.; Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa.

Revista Ciência Agronômica, v.41, n.2, p.200-207, 2010.

DEBET, M.R.; GIDLEY, M.J.; Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. **Carbohydrate Polymers**, v.64, p.452-465, 2006.

DELCOUR, J.A.; HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**. Editora AACC International, 270p., 2010.

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

DEVILLA, I. A.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M. de; DAMASCENO, G. S. ; REIS, F. P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 3, n. 2, p. 211-215, 1999.

ELIAS, M. C., OLIVEIRA, M., VANIER, N. L. Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo. 1.ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPEL, 2012. v. 1. 626 p.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Editora Universitária/UFPel, Pelotas, 2008.

FAO. **El sorgo y el mijo en la nutrición humana Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**, 1995

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, n.2, p.191-218, 2002.

FREITAS R.A.; PAULA, R.C.; FEITOSA, J.P.A.; ROCHA, S.; SIERAKOWSKI M.R. A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. **Carbohydrate polymers**, v.51, p.25-32, 2003.

GALLIARD, T.; Hydrolytic and oxidative degradation of lipids during storage of whole meal flour: Effects of bran and germ components. **Journal Cereal Science**, v.4, p.179-192, 1986.

GOBESSO, A.A. de, O.; ELIANA, D'A.; PREZOTTO, L.D.; RENNÓ, F.P. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37, n.11, p.2011-2016, 2008

GWINNER, J.; RÜDIGER, H.; MÜCK, O. **Manual sobre prevenção das perdas de grãos no pós-colheita**. Projeto de proteção dos produtos armazenados do Ministério Federal da Cooperação Econômica e de Desenvolvimento (BMZ) da República Federal da Alemanha. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn - FRG, 1997. 143p.

HAYFA, S.; COPELAND, L. Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. **Cereal Chemistry**, v.84, p.600-606, 2007.

HAMAKER, B.R.; GRIFFIN, V. K.; Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. **Cereal Chemistry**, v.70, p.377-380, 1993.

HARDACRE, A.K.; CLARK, S.M. The effect of hybrid and growing environment on the rheological properties of starch and flour from maize (*Zea mays* L.) grain dried at four temperatures. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, p.144-150, 2006.

HAROS, M.; TOLABA, M-P.; SUAREZ, C. Influence of corn drying on its quality for the wet-milling process. **Journal of Food Engineering**, v.60, p.177-184, 2003.

HASJIM, J.; JANE, J.; Production of resistant starch by extrusion cooking of acid modified normal-maize starch. **Journal of Food Science**, v.74, p.C556-C562, 2009.

HOSENEY, R. C.; ANDREWS, D. J. E CLARK, H. Sorghum and pearl millets in nutritive quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, **Crop Science of America, Soil Science of America**, 1987.

HOSENEY, R. C.; DAVIS, A. B. E HARBERS, L. H. Pericarp and endosperm structure of sorghum shown by electron microscopy. **Cereal Chemistry**, 51, 552-558, 1974.

HUBBARD, J. E.; HALL, H. H. E EARLE, F. R. Composition of the component parts of the sorghum kernel. **Cereal Chemistry**, v.27, p.415-420, 1950.

HOOVER, R., & MANUEL, H. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylomaize V starches. **Journal of Cereal Science**, v.23, n.153–162, 1996.

JAMBUNATHAN, R. E SUBRAHMANYAN, V. Grain quality and utilization of sorghum and pearl millet. Em: **International Biotechnology Workshop** (pp. 133-139), 1988. Patancheru, India: ICRISAT.

JI, Y., AO, Z., HAN, J.-A., JANE, J.-L., & BEMILLER, J. N. Waxy maize starch subpopulations with different gelatinization temperatures. **Carbohydrate Polymers**, v.57, p.177–190, 2004.

LASSERAN, J. C. Incidence of drying and storing conditions of corn (maize) on its quality for starch industry. **Starch/Stärke**, v.25(8), p.257–262, 1973.

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, n.6, p. 534-544, 1959.

LIM, S.-T., CHANG, E.-H., e CHUNG, H.-J. Thermal transition characteristics of

heat-moisture treated corn and potato starches. **Carbohydrate Polymers**, v.46, p.107–115, 2001.

MALUMBA, P.; MASSAUX, C.; DEROANNE, C.; MASIMANGO, T.; BÉRA, F. Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. **Carbohydrate Polymers**, v.75, p.299-306, 2009.

MALUMBA,P.; JANAS, S.; ROISEUX, O.; SINNAEVE, G.; MASIMANGO, T.; SINDIC, M.; DEROANNE, C.; BÉRA, F.; Comparative study of the effect of drying temperatures and heat-moisture treatment on the physicochemical and of corn starch. **Carbohydrate polymers**,v.79, p.633-641, 2010.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, n.2, p.191-218, 2002.

MENDIBURU, F. **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.2-0**. 2014.<http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>

MILLER, O. H. E BURNS, E. E. Starch characteristics of selected grain sorghums as related to human foods. **Journal of Food Science**, v.35, p.666-668, 1970.

MILMAN, M.J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Editora e Gráfica Universidade - UFPEL, 206p., 2002

NAYOUF, M., LOISEL, C., DOUBLIER, J.L. Effect of thermomechanical treatment on the rheological properties of crosslinked waxy corn starch. **Journal of Food Engineering**, v.59, p.209–219, 2003.

NEUMANN, M. *et al.* Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 03, n. 01, p. 120-133, 2004b.

NOOMHORM, A.; KONGSEREE, N.; PINTANAPONG, N. Effect of aging on the quality of glutinous rice crackers.; **Cereal Chemistry**, v.74, p.12-15, 1997

PARAGINSKI, Ricardo Tadeu. **Efeitos da temperatura de armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.) nos parâmetros de qualidade tecnológica, metabólitos e propriedades do amido**. 2013, 111f. Dissertação (Mestrado) UFPEL

PEPLINSKI, A. J., PAULIS, J. W., BIETZ, J. A., & PRATT, R. C. Drying of high-moisture corn: Changes in properties and physical quality. **Cereal Chemistry**, v.71(2), p.129–133, 1994.

WELLER, C., PAULSEN, M. R., & STEINBERG, M. P. Correlation of starch recovery with assorted quality factors of four corn hybrids. **Cereal Chemistry**, v.65(5), p.392–397, 1988.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. URL <http://www.R-project.org/>.

ROCHA, V.R.R.DE.A.; JUNIOR, W.M.D.; RABELLO, C.B.-V.; RAMALHO, R.P.; LUDKE, M.DO.C.M.M.; SILVA, E.C.DA. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 37, n.1, p.95-102, 2008

RODRIGUEZ J. C. *et al.* IP short term storage of Argentine cereals in silobags to prevent spoilage and insects. *In:* INTERNATIONAL QUALITY GRAINS CONFERENCE, 2004, Indianapolis, **Proceedings...** Indianapolis: US Quality Grains Research Consortium, p.1-15, 2004.

SANDHU, KAWALJIT SINGH; SINGH, NARPINDER; MALHI, NACHHATTAR SINGH; Physicochemical and thermal properties of starches separated from corn produced from crosses of two germ pools; **Food Chemistry**, v.89, p. 541–

548. 2005.

SANDHU, K.S.; SINGH, N.; Some properties of corn starches II: physicochemical, gelatinization, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, v.101, p.1499-1507, 2007.

SANTOS, J.P.; MANTOVANI, E.C.; **Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita, colheita, transporte e armazenamento.** Sete Lagoas, MG: EMBRAPA – CNPMS. Circular Técnica Nº 24. 40p. 1997.

SEKINGER, H. L. E WOLF, M. J. Sorghum protein ultrastructure as it relates composition. **Cereal Chemistry**, v.50, p.455-465, 1973.

SERNA-SALDIVAR, S. O. E ROONEY, L. W. Structure and chemistry of sorghum and millets. *Em*: D. A. V. Dendy, *Sorghum and millets: chemistry and technology*. St. Paul, Minesota: **American Association of cereal chemists Inc**, 1995.

SETIAWAN, S.; WIDJAJA, H.; RAKPHONGPHAIROJ, V.; JANE, J-L.; Effects of Drying Conditions of Corn Kernels and Storage at an Elevated Humidity on Starch Structures and Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.12260-12267, 2010.

SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; GUIMARÃES, A.C. Estudos dos métodos de secagem. In: SILVA, J. de S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p.105-143.

SIMIONI, D.; OLIVEIRA, M.; PAGNUSSATT, F.A.; DEUNER, C.C.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Parâmetros operacionais na secagem intermitente de grãos de aveia branca cultivar UPFA 20 Teixeirainha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.497-502, 2008.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; GILL, B.S.; Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical

sources. **Food Chemistry**, v.81, n.2, p.219-231, 2003.

SIRISOONTARALAK, P.; NOOMHORM, A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. **Journal of Stored Products Research**, v.42, p.264–276, 2006.

SOWBHAGYA, C.M.; BHATTACHARYA, K.R. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.115–124, 2001.

TANANUWONG, K., MALILA, Y. Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. **Food Chemistry**, v.125, p.179-185, 2011.

ZAVAREZE, E. R. DIAS, A. R. G. Propriedades físico-químicas, funcionais e aplicações de amido de arroz. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. **Qualidade de arroz da pós colheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Gráfica Universitária, 2012. p. 161-171.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. **Food Research International**, v.36, p.625-634, 2003.