

**Caracterização do amido isolado de diferentes cultivares de sorgo  
(*Sorghum bicolor* L. Moench)****Characterization of starch isolated from different sorghum cultivars  
(*Sorghum bicolor* L. Moench)**

DOI:10.34117/bjdv6n5-067

Recebimento dos originais:10/04/2020

Aceitação para publicação:06/05/2020

**Ana Luíza Santos Vieira**

Doutoranda em Ciência de Alimentos UFMG - Minas Gerais  
E-mail:anavieiranutricionista@gmail.com

**Gabriela Bittencourt Duarte**

Discente de graduação em Farmácia UFMG – Minas Gerais  
E-mail:gabrieladbit@gmail.com

**Valéria Aparecida Vieira Queiroz**

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo – Minas Gerais  
E-mail:valeria.vieira@embrapa.br

**Thais Rotsen Correa**

Docente do Departamento de Estatística UFMG – Minas Gerais  
E-mail: thaisrotsencorrea@gmail.com

**Viviane Dias Medeiros Silva**

Doutoranda em Ciência de Alimentos UFMG - Minas Gerais  
E-mail:vivianedms@yahoo.com.br

**Raquel Linhares Bello de Araújo**

Docente do Departamento de Alimentos UFMG – Minas Gerais  
E-mail:raquel@bromatologiaufmg.com.br

**Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia**

Docente do Departamento de Alimentos UFMG – Minas Gerais  
E-mail:mavtgarcia@gmail.com

**Camila Argenta Fante**

Docente do Departamento de Alimentos UFMG – Minas Gerais  
E-mail:camila.fante@gmail.com

**RESUMO**

O amido é um polímero que pode ser extraído de fontes como raízes, tubérculos e cereais, dentre estes, destaca-se o sorgo. Sua funcionalidade depende da origem genética e das condições de plantio. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o amido de diferentes cultivares de sorgo (BR 501, BRS 305 e BRS 310) quanto a composição centesimal, cor, índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção em água (IAA). Os teores de carboidratos totais, cinzas e proteínas, variaram de acordo com o tipo de sorgo, não apresentando diferença em relação ao teor de umidade e lipídeos. A composição centesimal dos amidos indicou sua alta pureza, já que apresentou níveis baixos de proteínas, lipídeos e cinzas. Sobre a cor, os cultivares BR 501 e BRS 310 apresentaram maior grau de luminosidade ( $L=95,61$  e  $95,86$ ) em relação ao BRS 305 ( $L=91,23$ ). Os três apresentaram alta luminosidade, caracterizando coloração branca, desejável para amido. Entretanto, o BR 501, apresentou ângulo hue= $77,90$ , expressando tendência de cor para o marrom claro, porém com baixa intensidade ( $Croma=3,49$ ); o BRS 305 expressou tendência de cor para o rosa claro ( $h=59,86$ ) de baixa intensidade ( $C=6,47$ ) e o BRS 310 coloração rosa claro ( $h=58,84$ ), de mais baixa intensidade em relação ao anterior ( $C=5,68$ ). Com relação ao ISA e IAA, obtidos nas temperaturas de 65, 75, 85 e 95°C, constatou-se que o poder de inchamento e a solubilidade em água dos amidos foram semelhantes e aumentaram com a elevação da temperatura. Os amidos estudados apresentaram diferenças de acordo com o genótipo de sorgo utilizado, em relação à composição centesimal e cor, não diferindo em relação às propriedades de inchamento e solubilidade em água.

**Palavras-chave:** Cereal. Polímero. Composição centesimal.

**ABSTRACT**

Starch is a polymer that can be extracted from sources such as roots, tubers and cereals, among which, sorghum stands out. Its functionality depends on the genetic origin and the planting conditions. The objective of this work was to characterize the starch of different sorghum cultivars (BR 501, BRS 305 and BRS 310) in terms of centesimal composition, color, water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI). The levels of total carbohydrates, ashes and proteins, varied according to the type of sorghum, with no difference in relation to the moisture and lipid content. The centesimal composition of the starches indicated its high purity, since it had low levels of proteins, lipids and ash. Regarding color, cultivars BR 501 and BRS 310 showed a higher degree of luminosity ( $L = 95.61$  and  $95.86$ ) compared to BRS 305 ( $L = 91.23$ ). The three showed high luminosity, characterizing white color, desirable for starch. However, the BR501 showed an angle hue =  $77.90$ , expressing a color trend towards light brown, but with low intensity ( $Chroma = 3.49$ ); BRS 305 expressed a color trend towards light pink ( $h = 59.86$ ) of low intensity ( $C = 6.47$ ) and BRS 310 light pink color ( $h = 58.84$ ), of lower intensity compared to the previous one ( $C = 5.68$ ). Regarding ISA and IAA, obtained at temperatures of 65, 75, 85 and 95 ° C, it was found that the swelling power and water solubility of starches were similar and increased with the temperature rise. The studied starches showed differences according to the sorghum genotype used, in relation to the proximate composition and color, not differing in relation to the properties of swelling and solubility in water.

**Keywords:** Cereal. Polymer. Centesimal composition.

**1 INTRODUÇÃO**

O amido é um polissacarídeo natural que consiste em unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas, sendo composto de amilose e amilopectina, (BERTOFT e NILSSON, 2017). É um dos biopolímeros mais amplamente utilizados, como por exemplo na indústria de alimentos e farmacêutica, por ser abundante, barato, renovável e totalmente biodegradável. Sua funcionalidade depende da fonte botânica e condições ambientais de cultivo (ALI *et. al.*, 2016).

Constitui a principal fonte de carboidratos na alimentação humana, podendo fornecer 70 a 80% das calorias totais da dieta. Armazenado sob a forma de grânulos nos órgãos de reserva das plantas superiores, como nos grãos em cereais (milho, arroz, trigo, sorgo), o amido pode ser extraído desses grãos e utilizado para diversas finalidades (LEONEL e CEREDA, 2002).

Os amidos são escolhidos para diferentes utilizações com base em suas aplicações tecnológicas. É considerado um importante componente nos alimentos, sendo utilizado em uma grande variedade de produtos como matéria-prima, aditivo alimentar e substituto da gordura (JIANG *et al.*, 2010). A capacidade de gelatinização (formação de pasta e gel de amido) e as propriedades reológicas (propriedade de colagem, viscosidade da pasta de amido e as características reológicas do gel de amido), são as principais propriedades funcionais do amido para determinar suas aplicações (AI e JANE, 2014).

Embora o milho, o trigo e a batata sejam as principais fontes de amido utilizadas em larga escala, fontes alternativas, a exemplo, a cultura do sorgo, são necessárias devido ao crescimento da população mundial e ao suprimento limitado de água (WATERSCHOOT *et al.*, 2015). Por ser cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e quentes, o sorgo obtém vantagem em relação ao cultivo de outros cereais, que nessas condições climáticas, possuem produtividade antieconômica (MUTISSYA, 2009).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura amplamente cultivada em todo o mundo. Quantitativamente, é o quinto cereal de maior plantio depois do trigo, milho, arroz e cevada (SINGH *et al.*, 2011). O seu cultivo tem grande importância principalmente nos continentes asiático e africano, onde é empregado diretamente na alimentação humana. Já nos países ocidentais (Estados Unidos, Austrália e Brasil), o mesmo é utilizado essencialmente para a alimentação animal (EMBRAPA, 2015; SUBZWARI *et al.*, 2018).

Por ser cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e quentes, o sorgo obtém vantagem em relação ao cultivo de outros cereais, que nessas condições climáticas, a

produtividade torna-se antieconômica. Além disso, possui um ciclo vegetativo curto (variando de 90 a 130 dias), ideal para a produção fora de época associada a outras culturas, como cana de açúcar, milho ou soja (SILVA *et al.*, 2019).

A composição química dos grãos de sorgo varia de acordo com o genótipo, sendo em todos eles, o amido o principal macronutriente (entre 70 e 80%), que pode ser usado em várias aplicações industriais, principalmente como ingrediente alimentício (BANDEIRA *et al.*, 2015).

Existem diversos tipos de cultivares de sorgo (EMBRAPA, 2015), entre elas, a cultivar BRS 305 (pericarpo marrom com tanino, endosperma mais farináceo), cultivar BR 501 (pericarpo branco sem tanino, endosperma mais vítreo), cultivar BRS 310 (pericarpo vermelho sem tanino, endosperma 50% farináceo e 50% vítreo), que serão utilizadas neste estudo.

O conhecimento das propriedades físico-químicas do amido de sorgo pode transformá-lo em uma fonte alternativa de amido comercial, devido às suas características e baixo custo de produção (SINGH *et al.*, 2011; ZHU 2014). Além disso, o amido de sorgo possui propriedades semelhantes às do milho e é uma fonte potencialmente boa de matérias-primas para uma ampla gama de aplicações (SRICHUWONG *et al.*, 2017).

Devido à necessidade de verificar as diferenças existentes entre os genótipos de sorgo e assim direcionar a sua aplicação de acordo com suas características, estudos sobre a caracterização do amido de diferentes cultivares de sorgo tornam-se relevantes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 MATERIAL**

Para realização deste trabalho, utilizou-se os grãos de sorgo doados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da EMBRAPA, localizado em Sete Lagoas, estado de Minas Gerais. Foram utilizados três diferentes cultivares de grãos de sorgo, BRS 305, BR 501 e BRS 310.

### **2.2 MÉTODOS**

#### **2.2.1 Extração do amido de sorgo**

Para a extração do amido, foi utilizado o método descrito por Srebernich (1989), com algumas modificações. Colocou-se os grãos de sorgo em maceração por 24 h a temperatura de 40 °C, e para cada parte de sorgo (500 g), utilizou-se duas partes de água destilada (1 L)

contendo 1,5 g de metabissulfito de sódio por litro. Após esta etapa, o sorgo foi lavado em água corrente de 5 a 7 vezes, até a água se tornar límpida. O sorgo macerado foi moído em liquidificador industrial (Poli Metalúrgica Siemens, modelo TR-02, frequência 60 Hz, potência 245 W), adicionando-se 2 partes de água destilada para cada parte de sorgo macerado. O material moído passou por uma peneira de 0,53 mm de abertura, onde as impurezas foram eliminadas ( $0,5 \text{ mm} < \text{partículas} < 1,25 \text{ mm}$ ). O material proveniente foi separado em uma sequência de três peneiras: 1ª peneira – abertura de 0,44 mm, 2ª peneira – abertura de 0,149 mm, 3ª peneira – abertura de 0,074 mm. As tamisações foram realizadas utilizando-se água destilada, obtendo-se uma suspensão de amido. O material retido nas peneiras foi descartado. A suspensão de amido obtida foi decantada por 20 h a 10 °C, eliminando-se posteriormente, o sobrenadante. O amido decantado foi resuspenso em água destilada e levado para a centrífuga (Mod Jouan BR4), a 1533,28 x g por 15 min. Posteriormente, foram eliminados o sobrenadante e a borra que se formou na superfície do amido. Esta operação foi repetida até a obtenção do amido puro, verificada através do aspecto visual (coloração). Após a etapa de centrifugações, o amido obtido foi transferido para bandejas de alumínio (30 x 50 cm) e distribuído nas mesmas, evitando camada superior a 1 cm. As bandejas foram levadas para estufa (Mod 320-SE – Circulação Mecânica, FANEM) a uma temperatura de 40 °C por 18 h. Após a secagem, o amido foi passado em uma peneira de 0,153 mm de abertura para padronizar a granulometria, uniformizando a sua aparência.

### **2.2.2 Composição centesimal**

A caracterização físico-química dos amidos (umidade, proteínas, lipídeos e cinzas) foram realizadas de acordo com métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) e o cálculo dos carboidratos totais foi realizado por diferença. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### **2.2.3 Perfil colorimétrico**

O perfil colorimétrico do amido isolado foi determinado utilizando espectrofotômetro (CM-2300d, Konica Minolta), com iluminante D65 e observador padrão 10°. Foi utilizado o sistema de leitura CIELab, representado pelos parâmetros coordenada L\*, que indica o grau de luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco); coordenada de cromaticidade a\* (-a\*: verde, +a\*: vermelho) e coordenada de cromaticidade b\* (-b\*: azul, +b\*: amarelo) (LEÃO,

2013). As leituras dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  permitiram calcular o Croma (saturação) e o ângulo Hue (tonalidade). Foram realizadas cinco repetições.

### 2.2.4 Poder de inchaço e solubilidade

O Índice de Absorção de Água (IAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) foram determinados segundo método descrito por Anderson *et al.* (1969), com algumas modificações. Em um tubo de centrífuga, foi pesada 0,5 g de amostra e adicionada 6 mL de água destilada. Os tubos foram submetidos ao banho-maria com agitação por 30 minutos às temperaturas de 65, 75, 85 e 95 °C. Em seguida, foram centrifugados a 1008 x g por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi transferido para um béquer, previamente tarado, e seco em estufa (105 °C) até massa constante para a determinação do ISA. O material remanescente foi pesado e o IAA calculado. As determinações em diferentes temperaturas foram realizadas em triplicata.

### 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico RStudio.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os resultados da composição centesimal dos amidos de sorgo obtidos das cultivares BRS 305, BRS 310 e BR 501 estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal dos amidos obtidos das cultivares de sorgo BRS 305, BRS 310 e BR 501

	Tipo de Sorgo		
	BRS 305	BRS 310	BR 501
Umidade (%)	9,41 ± 0,01 a	9,91 ± 0,32 a	9,85 ± 0,70 a
Proteínas (%)	0,64 ± 0,14 b	0,63 ± 0,23 b	1,27 ± 0,19 a
Lipídeos (%)	0,40 ± 0,03 a	0,53 ± 0,46 a	0,48 ± 0,08 a
Cinzas (%)	0,19 ± 0,04 b	0,19 ± 0,08 b	1,01 ± 0,04 a
Carboidratos totais (%)	89,36 ± 0,02 a	88,75 ± 0,76 ab	87,39 ± 0,69 b

Média ± desvio padrão

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

É possível observar que houve diferença significativa para os amidos obtidos de diferentes tipos de sorgo para os teores de proteínas, cinzas e carboidratos totais, não havendo diferença significativa entre os tipos de sorgo para os teores de umidade e lipídeos.

Chanapamokkhot e Thongngam, (2007) relataram teores de umidade de 10,13–10,81%, para amido de sorgo da Tailândia e Rivera-Corona, *et al.* (2014), em estudo com amido de sorgo-doce (*Sorghum saccharatum*), encontraram 6,32% de umidade, valores semelhantes ao encontrado por este estudo.

Para proteína, verifica-se que os teores nos amidos de sorgo das cultivares BRS 305 e BRS 310 foram semelhantes, sendo que BR 501 apresentou resultado significativamente superior entre os três (1,27%). Choi *et al.* (2004) encontraram valores de 0,2%, ao estudar o amido de sorgo ceroso; Rivera-Corona, *et al.* (2014), 0,5% para amido de sorgo-doce (*Sorghum saccharatum*) e Olayinka, *et al.* (2013), 1,5%, para o amido de sorgo branco.

Os teores de lipídeos não variaram de acordo com o tipo de sorgo. Ehtiati, *et al.*, (2017), em estudo com sorgo branco, relataram um teor de lipídeos de 0,08%. Já Rivera-Corona (2014), encontrou 0,88%, em estudo com sorgo doce.

Os teores de cinzas dos amidos diferiram entre os três tipos de sorgo. O valor de 1,18% apresentado pela cultivar BR 501 foi significativamente maior que os demais e semelhante ao relatado por Olayinka, *et al.* (2013), que encontraram valor de 1,6% em amido de sorgo branco. Na sequência, encontra-se valores de 0,18% para BRS 310 e para BRS 305, valores estes semelhantes entre si. Ehtiati, *et al.* (2017), ao estudarem diferentes cultivares de sorgo, encontraram valores que variaram de 0,31 a 0,53%.

O teor de carboidratos totais apresentou diferença entre os amidos estudados, sendo que o BRS 305 e BRS 310 foram estatisticamente semelhantes e maiores em relação ao BR 501 (89,36 e 88,75%, respectivamente). Valores semelhantes ao relatado por Rivera-Corona, *et al.* (2014), que foi de 91,81% para amido de sorgo-doce (*Sorghum saccharatum*) e Olayinka, *et al.* (2015), que foi de 86,09% para amido de sorgo amarelo.

As variações nos conteúdos de carboidratos, proteínas e cinzas do amido de sorgo, comparados aos da literatura, podem ser atribuídas à variedade do grão estudada e condições ambientais de cultivo (ZHU, 2014).

### 3.2 PERFIL COLORIMÉTRICO

A cor é um atributo importante na qualidade do amido, sendo desejável uma coloração branca, a qual é caracterizada pelo elevado valor da luminosidade (L\*) (LADEIRA; PENA,



2011). O ângulo hue ( $h^\circ$ ) refere-se à tonalidade, onde  $0^\circ$  é vermelho e  $90^\circ$  é amarelo. O valor de croma ( $C^*$ ) indica a pureza e intensidade da cor e, quando se encontra bem mais próximo do eixo do que da extremidade, indica baixa saturação da cor. Nesse contexto, verifica-se as referidas variáveis na Tabela 2, observando que o tipo de sorgo influencia estatisticamente os resultados.

Tabela 2- Parâmetros de cor dos amidos obtidos das cultivares de sorgo BRS 305, BRS 310 e BR 501

	Tipo de Sorgo		
	BRS 305	BRS 310	BR 501
L*	91,23 ± 0,47 b	95,86 ± 0,42 a	95,61 ± 0,75 a
C*	6,47 ± 0,25 a	5,68 ± 0,40 b	3,49 ± 0,40 c
h	59,86 ± 0,40 b	58,84 ± 0,34 c	77,90 ± 0,76 a

Média ± desvio padrão

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

Com relação à Luminosidade ( $L^*$ ) e o tipo de sorgo, as três cultivares apresentaram alta luminosidade, caracterizando coloração branca o que é, de acordo com Ladeira; Pena (2011), desejável para amido. Entretanto, os amidos do sorgo BRS 310 e BR 501 apresentaram as maiores luminosidades, diferindo do BRS 305. Souza (2018) avaliou o amido do sorgo BRS 332, com coloração vermelha, sem tanino e endosperma de cor branca. O valor obtido para a coordenada  $L^*$  foi 94,3 revelando que o amido do sorgo BRS 332 é bem claro, apresentando-se semelhante ao BRS 310, avaliado neste estudo.

Boudries, *et al.* (2009) obtiveram alto grau de brancura; os valores de L foram de 92,91 e 91,06, respectivamente, para o sorgo branco e vermelho, valores que confirmam a elevada pureza dos amidos isolados. Wang, *et al.* (1993) estimaram que um valor superior a 90 fornece uma brancura satisfatória para a pureza do amido.

Com relação ao croma ( $C^*$ ), ângulo hue ( $h$ ) e o tipo de sorgo, o BR 501, apresentou ângulo hue de 77,90, expressando tendência de cor para o marrom claro, porém com baixa intensidade; o BRS 305 expressou tendência de cor para o rosa claro de baixa intensidade e o BRS 310 coloração rosa claro, de mais baixa intensidade em relação ao anterior.

Estas diferenças estão associadas ao tipo de sorgo, sendo que um dos genótipos do grão estudado neste trabalho (BRS 305) conta, principalmente, com a presença de tanino. Os



taninos são compostos fenólicos solúveis em água e podem ser classificados em duas categorias: hidrolisáveis ou condensados (QUEIROZ *et al.*, 2009).

As diferenças apresentadas, de acordo com o perfil colorimétrico dos amidos estudados, podem ser comprovadas através da figura 1:

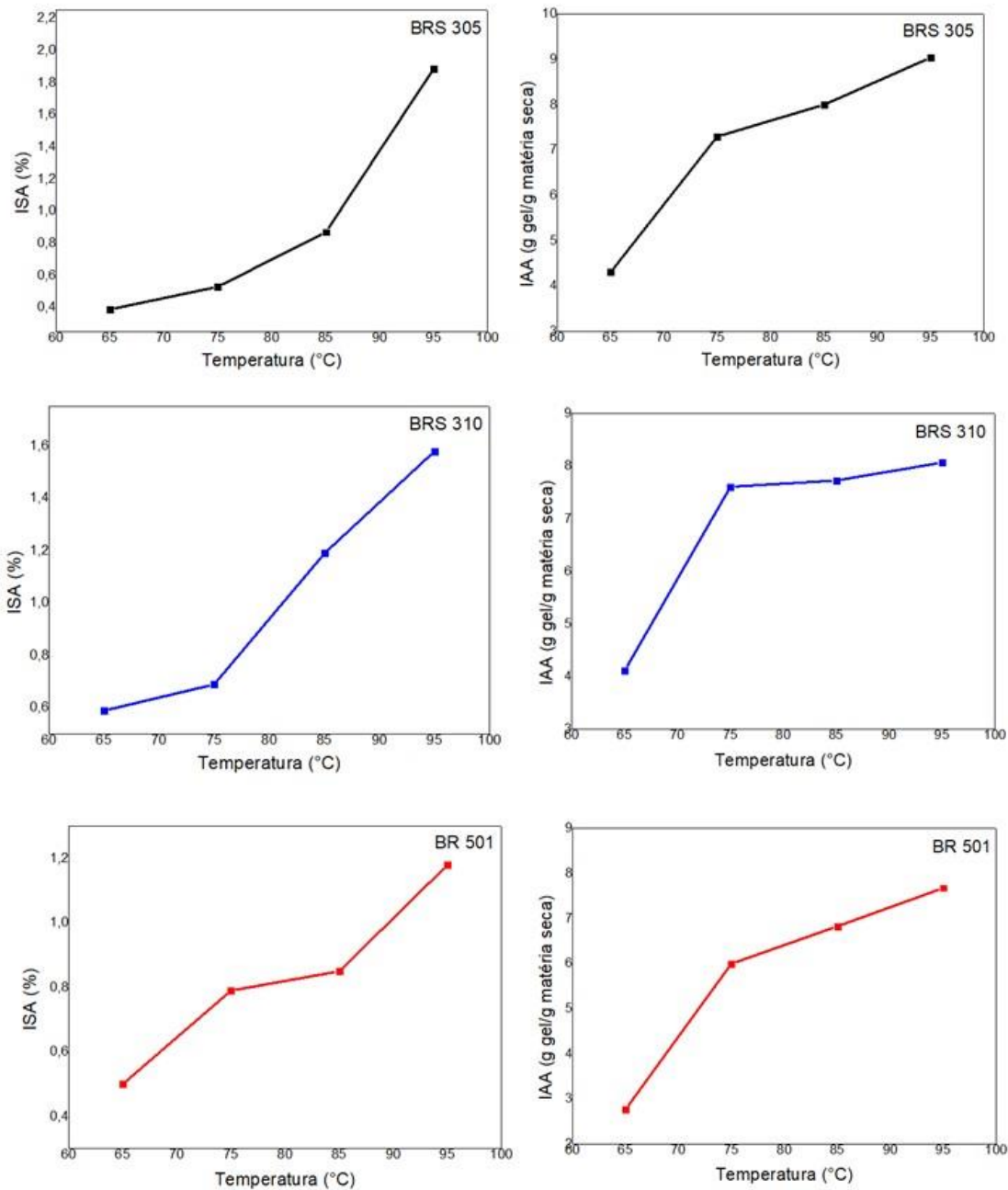
Figura 1 – Amidos obtidos das cultivares de sorgo BR 501, BRS 310 e BRS 305



### 3.3 PODER DE INCHAÇO E SOLUBILIDADE

A Figura 2 apresenta os comportamentos do ISA (a) e IAA (b) para os amidos de sorgo, obtidos nas temperaturas de 65, 75, 85 e 95 °C. O ISA indica a quantidade de componentes solúveis que foram lixiviados dos grânulos e o IAA a massa de água absorvida pelo amido seco (POLESI, 2009).

Figura 2 – Índices de solubilidade (a) e absorção em água (b) dos amidos obtidos das cultivares de sorgo BRS 305, BRS 310 e BR 501



Diante dos resultados apresentados, constatou-se que o ISA e o IAA do amido de sorgo aumentaram de acordo com o aumento da temperatura. Este resultado era esperado, já que com a elevação da temperatura, ocorre a vibração mais intensa das moléculas e o rompimento das ligações intermoleculares, o que permite a formação de pontes de hidrogênio com a água

e, conseqüentemente, o inchamento dos grânulos e a solubilização dos componentes do amido (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006; HOOVER, 2001).

Os compostos solubilizados em água são em grande parte a amilose, já que se encontra distribuída na região amorfa dos grânulos, ou seja, tem maior tendência para lixiviar durante o inchaço. Já a amilopectina, por ser uma molécula grande, é parcialmente fixada na parte cristalina, tornando-a menos propensa à lixiviação (ZHU, 2014). Segundo Ehtiati *et al.* (2017), após a gelatinização, as moléculas de amido solúvel podem facilmente lixiviar em água, mas complexos insolúveis de amilose-lipídios retardam esse processo.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os amidos estudados apresentaram diferenças de acordo com o genótipo de sorgo utilizado, em relação à composição centesimal e cor, não diferindo em relação às propriedades de inchamento e solubilidade em água.

Através deste trabalho, concluiu-se que as variações nos conteúdos de carboidratos, proteínas, cinzas e na cor dos amidos de sorgo avaliados, comparados aos da literatura, podem ser atribuídas às variedades dos grãos estudados.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro, à EMBRAPA pelo fornecimento da matéria prima, à Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG, pela possibilidade de realização deste trabalho.

#### **REFERÊNCIAS**

AI, Yongfeng; JANE, Jay-lin. Gelatinization and rheological properties of starch. **Starch**, v. 67, n. 3-4, p. 213-224, nov./2014.

ALI, A. *et al.* Comparative study of the physico-chemical properties of rice and corn starches grown in Indian temperate climate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 1, p. 75-82, jan./2016

ANDERSON, R. A. *et al.* Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal Science Today*, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis** of the AOAC Internacional. 18 ed. Rev. 2. HORWITZ, W.; LATIMER JR., G. W. (Editors). Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012.

BANDEIRA, D., Schellin, W., Petrarca, I., Zavareze, E. R., & Elias, M. C. Structural and technological characteristics of starch isolated from sorghum as a function of drying temperature and storage time. **Carbohydrate Polymers**, 133, 46–51, 2015.

BERTOFT, E., NILSSON, L. Starch: Analytical and structural aspects. *Carbohydrates in Food*, 3rd edn, 2017.

BOUDRIES, N. *et al.* Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. **Carbohydrate Polymers**, n. 78, p. 475-480, 2009.

CHANAPAMOKKHOT, H.; THONGNGAM, M. The chemical and physico-chemical properties of sorghum starch and flour. **Journal: Natural Science: Tailândia**, v. 41, Número, p. 343-349, 2007.

CHOI, H.; KIM, W.; SHIN, M. Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. **Starch/Stärke**, n. 56, p. 469-477, 2004.

EHTIATI, A. *et al.* Pasting, rheological, and retrogradation properties of starches from dual-purpose sorghum lines. **Starch - Stärke**, 69: 1600262. doi:[10.1002/star.201600262](https://doi.org/10.1002/star.201600262), jul./2017.

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

EMBRAPA. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Israel Alexandre Pereira Filho, José Avelino Santos Rodrigues, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydr Polym** **45**: 253– 7, 2001.

JIANG, H. *et al.* Characterization of maize amylose-extender (ae) mutant starches: Part II. Structures and properties of starch residues remaining after enzymatic hydrolysis at boiling-water temperature. **Carbohydrate Polymers**, v. 80, n. 1, p. 1-12, mar./2010.

LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 631-640, out./dez. 2011.

LEÃO, Daniela Pereira. Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Food Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 65 – 69, 2002.

MUTISSYA, J. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Jornal of Plant Physiology**, v. 166, p. 428-434, 2009.

OLAYINKA, O. O.; ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, I. B. Physicochemical properties, morphological and X-ray pattern of chemically modified white sorghum starch. (Bicolor-*Moench*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 70-77, jan./feb. 2013.

POLESI, Luis Fernando. **Amido resistente obtido a partir de amido de leguminosas e de seus hidrolisados**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

QUEIROZ, V. A. V.; Vizzotto, M., CARVALHO, C.W.P., MARTINO, H.S.D. O sorgo na Alimentação Humana. Sete Lagoas: **EMBRAPA Milho e Sorgo, Circular técnica**, n. 133, p 19, 2009.

RIVERA-CORONA, J. L. *et al.* Thermal, structural and rheological properties of sorghum starch with cactus mucilage addition. **Food Science and Technology**, n. 59, p. 806-812, 2014.

SILVA, E. M. S. *et al.* Sorghum starch as depressant in mineral flotation: part 1 – extraction and characterization. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 1, p. 396-402, mar./2019.

SILVA, E. M. S. *et al.* Sorghum starch as depressant in mineral flotation: part 2 – flotation tests. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 1, p. 403-410, mar./2019.

SINGH, H. *et al.* Influence of prior acid treatment on physicochemical and structural properties of acetylated sorghum starch. **Starch/Starke**, v. 63, n. 5, p. 291-301, mar./2011.

SOUZA, P. T. F. **Elaboração e caracterização de filmes de amido de sorgo e quitosana.** Orientador: Roberto Gonçalves Junqueira. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018.

SREBERNICH, Silvana Mariana. **Efeito da umidade, temperatura, velocidade do parafuso e diâmetro da matriz nas características do amido de sorgo submetido à extrusão termoplástica.** Orientador: Ahmed A. El-Dash. 1989. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

SRICHUWONG, S., *et al.* Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. **Food Chemistry**, 233, 1–10, 2017

SUBZWARI, Sana; BRYANT, Gary; SMALL, Darryl M.. Characterisation of sorghum starch granules using SAXS: effects of moisture on crystallinity and structure. **Food Sci Technol**, v. 54, n. 3, p. 744-751, out./2018.

WANG, Y.J. *et al.* Characterization of starch structure of 17 maize endosperm mutant genotypes with Oh43 inbred line background. **Cereal chemistry**, 70 (2) (1993), pp. 171-179

WATERSCHOOT *et al.* Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. **Starch/Stärke**, v. 67, p. 14-29, 2015.

ZHU, Fan. Structure, Physicochemical Properties, Modifications, and Uses of Sorghum Starch. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 587-610, jun./2014.