

Propriedades físicas, químicas e morfológicas do amido extraído da aveia

Physical, chemical and morphological properties of starch extracted from oats

DOI:10.34115/basrv7n2-019b

Recebimento dos originais: 15/09/2023

Aceitação para publicação: 18/10/2023

Geovana Thais da Silva

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus JK

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: geovanathais0@gmail.com

Rodrigo Peixoto de Paula e Silva

Graduado em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus JK

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: rodrigopeixotodepaulaesilva@outlook.com

Beatriz Borges Gomes

Graduanda em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus JK

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: beatriz.borges@ufvjm.edu.br

Caroline dos Anjos Brito

Graduanda em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus JK

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: carolinedosanjosbrito@gmail.com

Marcio Schmiele

Doutor em Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus JK

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

Joyce Maria Gomes da Costa

Doutora em Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Endereço: Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba Diamantina – MG

E-mail: joyce.costa@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

Nos últimos anos, o interesse do consumidor em alimentos que garantem um papel na manutenção da saúde tem crescido constantemente, sendo assim é possível observar o crescente consumo da aveia. Levando-se em conta as propriedades físicas e químicas do amido de aveia, o presente estudo objetivou extrair e caracterizar o amido de aveia. O amido foi extraído por meio da extração alcalina. O processo de extração foi otimizado em relação a teor de proteínas e cor instrumental. As propriedades físicas e químicas do amido após extração foram obtidas através da composição centesimal em relação a umidade e proteínas; cor instrumental do amido e microscopia eletrônica de varredura. O amido extraído apresentou 10,04% de umidade e 1,64% de proteína. A luminosidade do amido variou de 95,54% a 95,70%, podendo-se afirmar que o amido apresentou coloração branca e alta luminosidade. As microimagens apresentam grânulos irregulares. Concluiu-se que o produto obtido apresentou baixo teor de proteínas e alta luminosidade, sendo o ponto otimizado o ponto central para concentração de aveia (22,5%) e o ponto fatorial para hidróxido de sódio (0,26%).

Palavras-chave: aveia, amido, propriedades físicas, extração.

ABSTRACT

In recent years, consumer interest in foods that play a role in maintaining health has grown steadily, so it is possible to observe the growing consumption of oats. Taking into account the physical and chemical properties of oat starch, the present study aims to extract and characterize oat starch. Starch was extracted using alkaline extraction. The extraction process was optimized with regard to protein content and instrumental color. The physical and chemical properties of the starch after extraction were obtained through the centesimal composition in relation to moisture and proteins; instrumental staining of starch and scanning electron microscopy. The extracted starch had 10.04% moisture and 1.64% protein. The luminosity of the starch ranged from 95.54% to 95.70%, and it can be stated that the starch had a white color and high luminosity. The microimages show irregular granules. It was concluded that the product obtained had a low protein content and high luminosity, with the optimized point being the central point for oat concentration (22.5%) and the factorial point for sodium hydroxide (0.26%).

Keywords: oats, starch, physical properties, extraction.

1 INTRODUÇÃO

Observa-se atualmente o aumento do consumo de aveia (*Avena sativa*) devido a sua capacidade funcional em relação ao elevado teor de fibras e lipídeos. A aveia é largamente produzida e utilizada no mundo e no Brasil apresenta grande importância no cultivo, destacando-se a maior produção na região sul do país. (MALACHEN *et al.*, 2019), (GUIMARÃES *et al.*, 2021).

Conforme o United States Department of Agriculture (USDA, 2020), aveia ocupa a sétima produção mundial de cereais, sendo produzida 22,44 mil toneladas na safra de 2019 a 2020, representando 2% do total dos grãos produzidos. Estruturalmente, os grãos

de aveia são denominados como frutos-sementes devidos em três partes principais: farelo; endosperma e germe, sendo a casca firmemente aderida a semente (GUTKOSKI, 2000).

A aveia é dividida em espécies, sendo as principais cultivadas a aveia branca; aveia amarela e a aveia preta, utilizadas respectivamente para consumo humano e animal. O cereal é largamente utilizado em alimentos que apresentam características funcionais e pode ser considerado um grão integral por não apresentar alteração no balanço de nutrientes após processamento. (MALANCHEN *et al.*, 2019).

Referindo-se a composição centesimal, a aveia é composta por carboidratos; componentes antioxidantes; aminoácidos e fibras, componentes que explicam os benefícios à saúde do consumidor (GUIMARÃES *et al.*, 2021).

Em termos relacionados à saúde a aveia auxilia na melhora do funcionamento intestinal; aumenta a saciedade e ajuda no controle da glicemia. Para fins industriais, o cereal também é muito utilizado em formulações de alimentos que apresentem características integrais. No mercado das indústrias de alimentos o amido desperta interesse devido ao alto potencial em suprir demandas, como aplicação na elaboração de alimentos saudáveis e atrativos sensorialmente. (GUIMARÃES *et al.*, 2021).

Os grânulos de amido são polissacarídeos formados por polímeros de amilose e amilopectina que morfologicamente variam conforme gêneros e espécies. (ALTMANN *et al.*, 2018). Armazenam-se em estruturas vegetais subterrâneas como tubérculos, raízes e sementes, motivo pelo qual os cereais correspondem a alimentos ricos em amidos. (GUISMONTI *et al.*, 2018)

O processo de extração tem como objetivo principal obter um produto com alto rendimento conservando o máximo possível a sua estrutura, evitando modificações no amido, assim como obter um amido com menores quantidades de proteínas, a fim de promover benefícios para o uso do amido em aplicações tecnológicas (BRITO, 2019).

Dado ao exposto, e levando-se em conta a importância do amido de aveia, o presente estudo objetivou extrair o amido de aveia através do método químico, otimizar o processo de extração e identificar as propriedades físicas e químicas do amido após extração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para a realização do estudo utilizou-se aveia amarela em grão, a qual foi adquirida pelos pesquisadores em mercado local.

2.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Laboratório de Micro & Nanotecnology e no Laboratório Integrado de Cereais e Lipídeos, localizados na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri no Campus JK em Diamantina- MG.

2.3 MÉTODOS

A Figura 1 representa de forma esquematizada as etapas de execução do presente estudo.

Figura 1: Etapas de execução da metodologia do artigo científico.

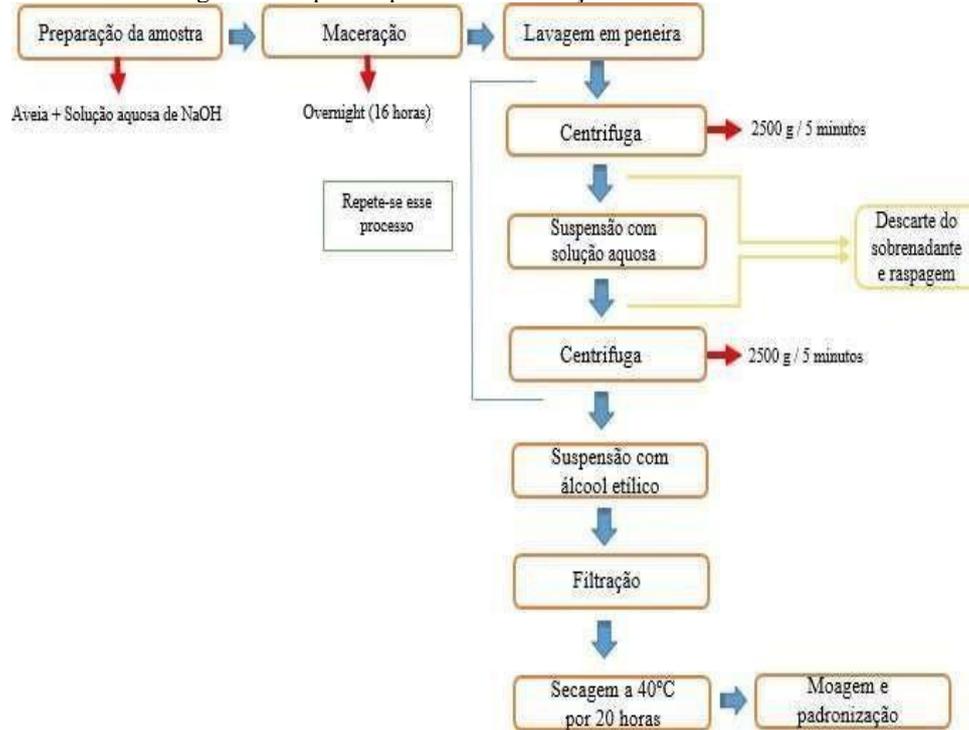


Fonte: imagem própria do autor.

2.4 EXTRAÇÃO DO AMIDO

A extração do amido de aveia foi realizada conforme descrito na metodologia apresentada por Costa et al., (2018). O amido foi extraído por meio da extração alcalina, utilizando-se o hidróxido de sódio (NaOH) como agente alcalino. O fluxograma (Figura 2) apresenta as etapas de extração do amido.

Figura 2: Etapas do processo de extração do amido de aveia.



Fonte: imagem do próprio autor.

2.5 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A fim de otimizar o processo de extração do amido, realizou-se um delineamento fatorial avaliando as variáveis dependentes. O delineamento foi realizado para ensaios do amido extraído do grão de aveia, através de um fatorial com 4 pontos fatoriais e 4 pontos centrais totalizando 8 ensaios com 4 repetições no ponto central.

O planejamento fatorial reduz os números de experimentos e melhoram a qualidade da informação obtida por meio dos resultados. Com isto o planejamento foi realizado para definir a faixa de concentração de aveia e hidróxido de sódio no processo de extração.

As variáveis independentes foram a quantidade de hidróxido de sódio (NaOH) e a concentração de aveia (CA), e as variáveis dependentes foram teor de proteínas e cor instrumental (I^*) do amido. A Tabela 1 apresenta a proposta do planejamento experimental realizado em variáveis reais e codificadas.

Tabela 1: Delineamento fatorial utilizado para otimizar a extração do amido

1.	Ensaio	Variável codificada		Variável real	
		X ¹	X ²	NaOH (%)	CA (%)
	1	-1	-1	0,04	13,6
	2	+1	-1	0,26	31,4
	3	-1	+1	0,04	13,6
	4	+1	+1	0,26	31,4
	5	0	0	0,15	22,5
	6	0	0	0,15	22,5
	7	0	0	0,15	22,5
	8	0	0	0,15	22,5

Fonte: própria do autor

Os resultados do planejamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o software STASTITICA versão 10.0. Para ajuste do modelo considerou 75% para coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância igual a $p < 0,1$.

2.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA AVEIA

A análise da composição centesimal do amido de aveia foi realizada em triplicata, em relação à umidade (método 44-15.02), proteínas (método 46-13.01), e cinzas (método 08-01.01), conforme métodos da Associação Americana de Químicos de Cereais Internacional (AACCI, 2010).

2.7 TEOR DE PROTEÍNA DO AMIDO DE AVEIA

Em relação a composição centesimal do amido de aveia, foram realizadas em triplicata, a análise do teor de proteínas seguindo o método 46-13.01 (AACCI, 2010).

2.8 COR INSTRUMENTAL DO AMIDO

A análise colorimétrica do amido foi realizada em triplicata, utilizando-se o calorímetro espectrofotométrico M5-Konica Minolta. Conforme descrito por Gomes (2020) foi utilizada a escala CIELAB, a qual possibilitou a comparação da cor externa dos amidos obtidos nos ensaios, analisando os índices de cor luminosidade (L^*), verde ao

vermelho (a*), azul ao amarelo (b*) e variação de cor (ΔE).

2.9 CLARIDADE DA PASTA

Conforme metodologia apresentada por Lima *et al.* (2014), preparou-se, em triplicata, suspensões com 0,5g de amostra em 50ml de água destilada e em seguida foram aquecidas no banho-maria em temperatura de ebulição por 30 minutos. Após resfriamento, utilizou-se o espectrofotômetro (modelo UV-M51 UV/Vis - BEL), com intervalo de luz visível a 650nm, para determinar a porcentagem de transmitância que é diretamente proporcional a claridade de pasta.

2.10 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A análise de DR-X foi realizada em difratômetro XRD-6000 (Shimadzu, Tóquio, Japão), com ânodo rotativo de 40 kV e 30 mA e ângulos de difração de 5 ° a 70° (2 θ), com tamanho de degrau de 0,02 ° a uma velocidade de 2 °/minutos. A cristalinidade relativa foi calculada pela relação entre a área total e a área dos picos, de acordo ao método proposto por Hayakawa *et al.* (1997), com dez pontos de suavização para diminuição dos ruídos dos picos. A análise foi realizada em triplicata, e os resultados expressos em porcentagem de cristalinidade.

2.11 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Para analisar a morfologia das micropartículas foi utilizado a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), conforme descrito por De Oliveira *et al.* (2019), utilizando-se o microscópio a 30 kV com ampliações de 500, 1 000, 5 000 e 10 000x. Foi utilizado apenas o ensaio (2) que obteve o maior rendimento de amido para análise das partículas.

2.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada utilizando o programa Statistic versão 10.0, através da Superfície de Resposta e em seguida foi realizada a Análise de Variância (Anova). Para o processo de otimização seguiu-se a metodologia apresentada por Gomes (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O amido extraído (Figura 3) apresentou coloração branco com textura típica de amidos comerciais. Percebe-se na análise visual que o amido de aveia apresenta características adequada para sua aplicação tecnológica.

Figura 3: imagem do amido extraído da aveia



Fonte: imagem própria do autor

A Tabela 2 representa o delineamento fatorial e os dados obtidos através das análises físico-químicas. As respostas significativas estaticamente ($p \leq 0,1$) foram teor de proteínas e cor instrumental do amido parâmetro l^* .

Tabela 2: Dados obtidos das análises físico químicas do amido extraído de aveia para o delineamento fatorial incompleto com duas variáveis respostas

Ensaio	Variável codificada		Teor de proteínas (%)	Cor instrumental (l^*)
1	-1	-1	1,67	95,84
2	1	-1	1,63	95,63
3	-1	1	0	96,3
4	1	1	0	73,87
5	0	0	0,51	95,69
6	0	0	0,44	95,63
7	0	0	1,31	95,29
8	0	0	1,28	94,56

Fonte: própria do autor.

Os resultados experimentais foram avaliados através de uma análise de regressão em função das variáveis respostas. A análise de variância (ANOVA) mostrou que os modelos obtidos através do delineamento são significativos ($p \leq 0,1$) para teor de proteínas e cor instrumental do amido parâmetro l^* .

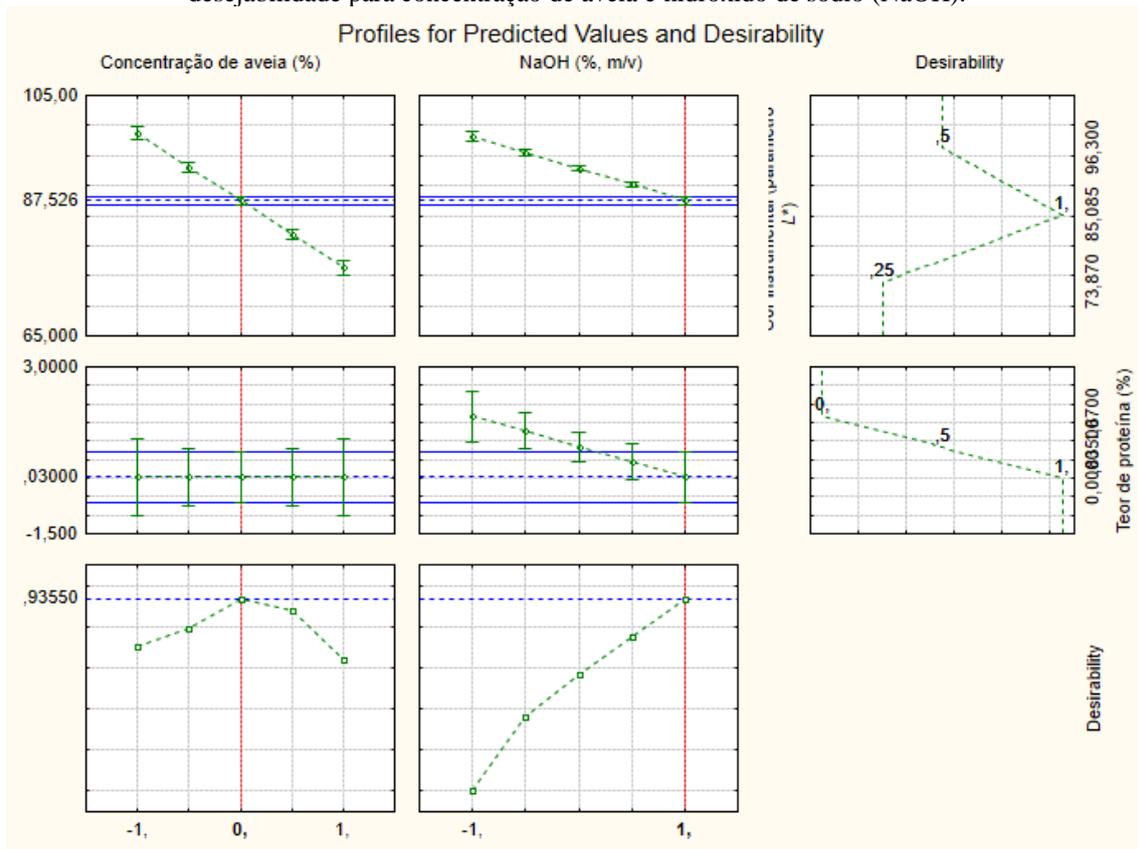
Os valores do teor total de proteínas variam entre 0 a 1,67% entre os 8 ensaios, sendo que o ensaio 6 apresentou o valor médio de 0,44% para proteínas. Observa-se que o valor encontrado está próximo ao encontrado por Galdeano *et al.*, (2009) que identifico um teor de proteínas equivalente a 0,41% no amido extraído da aveia. Em relação ao teor de proteínas não houve falta de ajuste e o modelo de ajuste foi expresso pelo coeficiente de determinação (R^2) indicando que 79, 93% das respostas podem ser explicadas pelo modelo matemático (Tabela 2), sendo a interação entre eles e o hidróxido de sódio significativos.

Em relação aos efeitos estimados das variáveis estudadas, teor de proteínas e parâmetro l^* da cor instrumental, observa-se que para proteínas apenas a interação entre os fatores e o hidróxido de sódio foram significativas.

Para o parâmetro l^* da cor instrumental observou-se que todas as respostas foram significativas ($p \leq 0,1$). O ajuste do modelo foi expresso pelo coeficiente de determinação (R^2), sendo que 92,11% das respostas podem ser explicadas pelo modelo matemático (Tabela 2). A análise de variância mostrou que a falta de ajuste foi significativa, mas isto é aceitável para a resposta, atribuindo-se a diferença mínima da somado quadrado associada ao erro puro.

A extração do amido de aveia utilizando hidróxido de sódio (NaOH) possibilita obter um produto com propriedades adequadas para sua aplicação tecnológica, para isto, a utilização do processo de otimização, apresentado na Figura 4, permite a definição das variáveis significativas e as condições ótimas de processamento.

Figura 4: Gráficos das respostas previstas pelo modelo DCCR incompleto e os respectivos padrões de desejabilidade para concentração de aveia e hidróxido de sódio (NaOH).



Fonte: imagem própria do autor.

Observa-se que para o teor de proteínas a condição 3 e 4 (pontos fatoriais) apresentou o menor teor de proteínas sendo respectivamente 0,04% e 0,26% de hidróxido de sódio (NaOH) para 13,6% e 31,4% de concentração de aveia, sugerindo-se a melhor faixa para o processo de extração.

Considerando o parâmetro l^* da cor instrumental, observa-se que apenas o ensaio 4 apresentou baixa porcentagem para a variável em questão, 73,87%, quando comparada às demais condições, que apresentaram valores entre 94,56% a 95,84%. Portanto, observa-se que na condição de 0,26% de hidróxido de sódio (NaOH) para 31,4% de concentração de aveia não se obtém uma cor instrumental do amido adequada.

Os gráficos de “desejabilidade” (Figuras 4) foram utilizados para definir as concentrações dos fatores ideais para otimizar o processo de extração do amido de aveia, obtendo-se um produto com baixo teor de proteínas e alto parâmetro para cor instrumental (l^*). Considerando as variáveis estudadas através do planejamento fatorial, proteínas e cor instrumental (l^*), e observando as curvas de crescimento, representadas no gráfico através da linha vermelha, o ponto otimizado para concentração de aveia é o ponto central (22,5%) e para o hidróxido de sódio o ponto fatorial (0,26%).

Em relação a composição centesimal o amido de aveia apresentou 10,04% de umidade e 1,64% de proteína. Quando comparado a outra fonte de amido, milho (13,7%) (LUCHESE, *et al.*, 2009), o amido de aveia apresenta um teor de umidade inferior. Costa *et al.* (2018), analisou a umidade de duas amostras de amido de aveia, amostra A (11,31%) e amostra B (9,36%), e aqueles autores constataram que o teor de umidade inferior se deve a perda de água durante o processo de estabilização e secagem ao longo do processo.

Comparando-se o teor de proteínas encontrado no presente estudo observou-se que o valor difere do estudo realizado com outra fonte de amido, como amido extraído do feijão carioca (1,26%) (RONKO *et al.*, 2021). Em relação a composição centesimal do amido, segundo PILUSKI *et al.* (2019), essas variações podem ocorrer devido aos métodos de processamento ou diferença de umidade apresentadas por cada amostra.

É imprescindível analisar o teor de proteínas presente no amido, devido a sua capacidade de interferir nas características funcionais e tecnológicas, pois um amido de alta pureza apresenta baixa ou até mesmo ausência de proteínas (ZHANG *et al.*, 2022). Desta forma, convém destacar que o método utilizado para extração foi capaz de assegurar um amido de alta pureza.

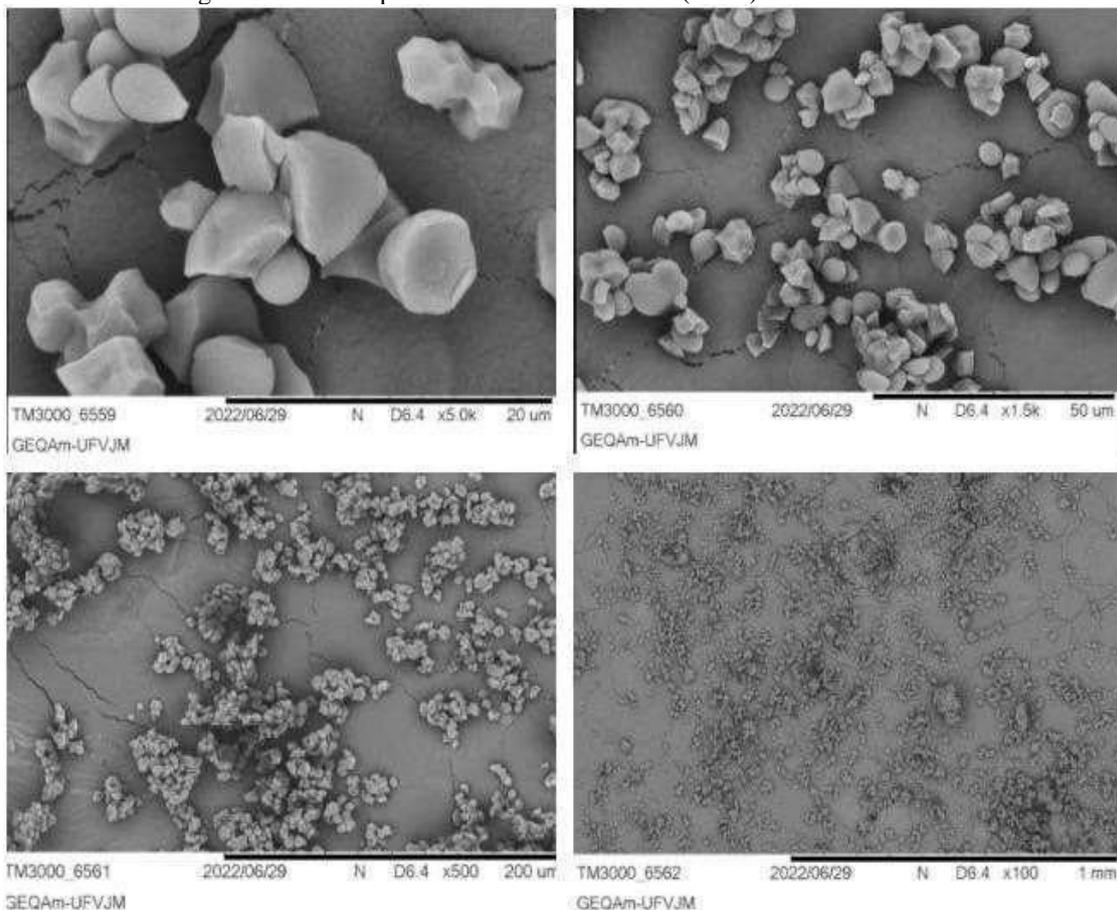
Em relação a claridade de pasta, observa-se que os valores encontrados entre os oito ensaios, para transmitância variaram de 22,2 a 35,9. Em um trabalho realizado por Reina *et al.* (2021), observou-se que o amido de inhame apresenta valor de transmitância próximo ao amido de aveia, sendo 34,96%. Quando comparados a outra fonte, como exemplo a mandioca, observou-se um valor de 93,8% para transmitância (APLEVICZ *et al.*, 2007). Para Nascimento *et al.* (2021) o baixo percentual de transmitância pode ser associado ao elevado teor de amilose presente no amido.

A claridade de pasta é um importante parâmetro para aplicação do amido em alimentos por fornecer características como transparência, associada a alta transmitância ou opacidade, associada a baixa transmitância em produtos alimentares como tortas, sopas e molhos onde utilizam-se o amido como espessantes. Relacionam-se a pasta transparente a cadeias sem estrutura granular que permitem a passagem da luz, já para as pastas opacas percebe-se uma estrutura granular organizada dificultando a passagem da luz (CUNHA, 2016). Sendo assim a baixa transmitância do amido de aveia indica uma elevada opacidade. A luminosidade do amido de aveia variou de 95,54% a 95,70%; sendo que a coordenada varia de 0 a 100, onde 0 representa preto e 100 representa branco, portanto, pode-se afirmar que o amido extraído da aveia obteve coloração branca e alta luminosidade. Para o parâmetro a^* que representa a tendência a coloração

avermelhada (+a indica vermelho, -a indica verde) obteve-se o valor de -0,85 e em relação a coordenada b* (+b amarelo; -b azul) o valor encontrado variou de 3,46 a 3,70. Para Gomes. P. T. G. (2020), a cor instrumental do amido é um parâmetro imprescindível para a sua aplicação tecnológica, ademais, o número de estudos relacionados a análise de cor do amido de aveia é escasso na literatura.

As imagens obtidas durante a microscopia eletrônica de varredura (MEV) são apresentadas na Figura 5.

Figura 5: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do amido de aveia



Fonte: imagem própria do autor

Observa-se através das microimagens que o amido extraído da aveia apresentou formas poligonais e esféricas e superfície regular. Para Vieira et al. (2020), que analisou amido de trigo, as morfologias dos grânulos sofrem alterações devido ao processo de moagem durante a extração, proporcionando diminuição das partículas.

O polimorfismo do material de parede e das micropartículas foi obtido através da difração de raios-X (DRX). A difratometria de raios X é uma técnica utilizada na investigação de estruturas poliméricas. Parte-se do princípio da interferência quando uma

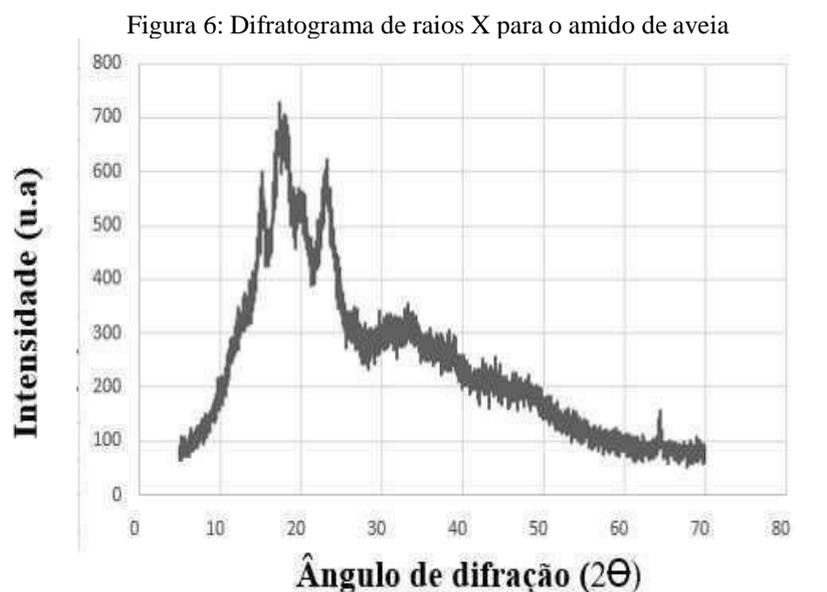
onda em movimento é espalhada a partir de um número de centros. No caso de polímeros, os centros estão relacionados às partes cristalinas e amorfas da estrutura (ALMEIDA et al., 2020).

O processo do DRX baseia-se na lei de Bragg, onde um cristal apresenta-se como um conjunto de planos refletivos com espaçamento uniforme, onde os raios X incidentes a um ângulo Θ são refletidos a um mesmo ângulo Θ , obtendo-se os valores através do comprimento de onda da radiação utilizada e da distância entre os planos cristalinos. Sendo assim, os raios X têm a capacidade de penetrar e mostrar os efeitos de interferência, desde que tenham comprimento de onda da mesma ordem de magnitude do espaçamento dos planos do cristal (CARVALHO, JULIANA DOMINGUES DOS SANTOS et al., 2019a).

Os polímeros apresentam uma região amorfa bem acentuada, podendo ser observadas através do difratograma as partes bem definidas dos domínios cristalinos.

Normalmente um polímero apresenta unidades estruturais simples e alto grau de ordem molecular.

Em difratogramas de amidos de cereais, tipo A, estes picos aparecem, predominantemente, como um duplete em 2θ igual a 17° e 18° e um único pico ocorrendo em torno de 2θ igual a 23° , além de um aumento na intensidade relativa da banda em 2θ igual a 15° . A Figura 6 apresenta o difratograma de raios X obtido para o amido de aveia.



Fonte: imagem própria do autor.

Observa-se a presença de quatro picos principais em torno dos ângulos de difração de 15, 18, 20 e 23°, característicos dos grânulos de estrutura de fontes de cereaistipo A. Os resultados encontrados corroboram com o resultado encontrado por Almeida *et al.* (2016) que também se observou que o amido de milho apresenta padrão cristalino tipo A, com picos de difração característicos.

4 CONCLUSÃO

Observa-se um aumento constante no consumo da aveia pela população. Portanto, faz-se necessário compreender as características físico químicas do amido de aveia para facilitar sua aplicação tecnológica. Baseando-se na literatura, observa-se que o número de estudos a respeito do amido de aveia é escasso quando comparadoas demais fontes de amido vegetais.

Após o estudo realizado conclui-se que o amido de aveia apresentou coloração branca e textura típica de amidos comerciais, o que valoriza sua aplicação. Em relação a qualidade do produto após extraído observa-se que obteve um amido com baixo teor de proteínas e alta luminosidade.

Portanto, concluiu-se que o ponto otimizado para extração do amido de aveia, considerando os parâmetros avaliados teor de proteínas e luminosidade é 22,5% de concentração de aveia para 0,26 de hidróxido de sódio.

REFERÊNCIAS

AACCI . American Association of Cereal Chemists International (2010)Approved methods. 11 ed.,Saint. Paul: AACC.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists (2000). Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. 17 ed., Gaithersburg: AOACInternational.

AlHasawi, F. M., Fondaco, D., Ben-Elazar, K., Ben-Elazar, S., Fan, Y. Y., Corradini, M. G., Ludescher, R. D., Bolster, D., Carder, G., Chu, Y. F., Chung, Y., Kasturi, P., Johnson, J., & Rogers, M. A. (2017). In vitro measurements of luminal viscosity and glucose/maltose bioaccessibility for oat bran, instant oats, and steel cut oats. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.015>.

ALI, I., Alharbi, O. M. L., Alothman, Z. A., Badjah, A. Y., Alwarthan, A., & Basheer, A. (2018). Artificial neural network modelling of amido black dye sorption on iron composite nano material: Kinetics and thermodynamics studies. *Journal of Molecular Liquids*, 250, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.11.163>.

ALMEIDA, Raphael Lucas Jacinto et al. Composição centesimal e comportamento reológico do extrato de aveia (*Avena sativa*). *Research, Society and Development*, v.9, n. 3, p. e31932329- e31932329, 2020

ALTMANN, I., Atz, N. R., & Rosa, S. M. L. (2018). Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula. *Química Nova Na Escola*, 40(1), 53–58. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160104>.

ARPAGAUS, C., Collenberg, A., Rütli, D., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2018). Nano spray drying for encapsulation of pharmaceuticals. *International Journal of Pharmaceutics*, 546(1–2), 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.05.037>.

ASSIS, C. J. De, Gilson, I. D. O. J., Gustavo, V. C. A., Cristina, E. O. F., Patrícia, P. M., Daniela, N. R., Karolina, G., Lisse, A. D., Samuel, D. A., & Gonçalves, A. R. D. C. (2017). Índice glicêmico e resposta glicêmica de mingau de amido de milho com adição de aveia, linhaça ou fibra solúvel isolada. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*. <https://doi.org/10.12873/373assis>.

AZEVEDO, L. C., De Sá, A. S. C., & Fungaro, D. A. (2018). PROPRIEDADES DO AMIDO E SUAS APLICAÇÕES EM BIOPOLÍMEROS. *Cadernos de Prospecção*. <https://doi.org/10.9771/cp.v11i2.23173>.

BATTISTON, J., Henrique, D. S., Mayer, L. R. R., Kölln, R. S., Fluck, A. C., Oliveira, J. G., Schneider, A. E., Fioreli, A. B., & Fernandes, R. A. A. (2020). Composição química e cinética de degradação ruminal in vitro de aveia branca cv. URS guapa sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(2), 581–589. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11131>.

BEMILLER, J. N., & Huber, K. C. (2015). Physical modification of food starch functionalities. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 19–69. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015552>.

BERSKI, W., Ptaszek, A., Ptaszek, P., Ziobro, R., Kowalski, G., Grzesik, M., & Achremowicz, B. (2011). Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 665–671. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.036>.

BIDUSKI, B., Silva, W. M. F. da, Colussi, R., Halal, S. L. de M. El, Lim, L. T., Dias, Á. R. G., & Zavareze, E. da R. (2018). Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 443–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.144>.

BRODAL, G., Aamot, H. U., Almvik, M., & Hofgaard, I. S. (2020). Removal of small kernels reduces the content of fusarium mycotoxins in oat grain. *Toxins*, 12(5), 1–19. <https://doi.org/10.3390/toxins12050346>.

COSTA, Douglas Rangel da et al. Resíduo industrial de aveia: extração e Caracterização do amido visando aplicação em revestimento comestível adicionado de composto antifúngico natural. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CAMPOS, P. S., DIAS, T. P. V. B., RODRIGUES, I. D. O., SOUZA, G. J. R. DE, & OLIVEIRA, Let. F. DE. (2019). Avaliação Da Influência da Temperatura E Concentração De Adjuvante Na Secagem Por Atomização Da Folha De Maracujá Doce (*Passiflora Alata* Curtis). 2009, 1995–2001. <https://doi.org/10.5151/cobecic2019- eta47>.

CAMPOS Toledo Hijo, A. A., Gomes da Costa, J. M., Silva, E. K., Machado Azevedo, V., Irene Yoshida, M., & Vilela Borges, S. (2017). Understanding the Influence of Encapsulating Matrix on the Physical and Thermal Properties of Oregano Essential Oil Powder. *International Journal of Horticulture & Agriculture*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.15226/2572-3154/2/1/00109>.