

partir de análise sensorial, obtiveram resultados satisfatórios, com bons níveis de aceitação.

Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar doces em massa de maracujá, acerola e cajá a partir do mesocarpo de maracujá amarelo, caracterizá-los físico quimicamente e sensorialmente, além de promover o aproveitamento de cascas de maracujá e oferecer um novo produto ao mercado de doces em massa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração dos doces e a análise sensorial foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus Codó. A composição centesimal foi feita no Laboratório de Análises Físico-química e Microbiológica de Água e Alimentos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus de São Luís.

Os ingredientes utilizados para a elaboração dos doces foram: polpa de cajá, polpa de acerola, maracujás e açúcar cristal, todos adquiridos no comércio de Codó-MA. Para obtenção da massa do mesocarpo, seguiu-se a metodologia de Dias, Borges, Oliveira, Nascimento e Camilloto<sup>10</sup> com algumas adaptações. Após a recepção dos maracujás, devidamente selecionados, foi realizada a limpeza, sanitização e retirada do excesso de cloro, seguido pelo descascamento dos frutos. A seguir, os maracujás foram cortados para a retirada da polpa. O mesocarpo ficou de molho em água por 24 horas e, passado esse período, a água foi descartada. Logo após, o mesocarpo foi lavado, cortado e submetido a um cozimento em tacho de alumínio, por aproximadamente 15 minutos. Para redução e homogeneização das partículas do albedo, ele foi triturado em um liquidificador industrial.

Para a produção dos doces em massa, as polpas de maracujá, acerola e cajá foram misturadas com a pectina obtida e o açúcar. As proporções dos ingredientes encontram-se na Tabela 1. Cada mistura foi colocada em tachos de alumínio, levados ao fogo, sob agitação constante, até atingir o ponto, pela concentração de °Brix determinado pela legislação. Os doces foram acondicionados em potes e, após atingirem a temperatura ambiente e adquirir a consistência de corte, foram acondicionados em refrigeração até o momento das análises.

Tabela 1 – Composição das formulações de doces elaborados

Ingredientes	Formulações (%)		
	F1	F2	F3
<b>Mesocarpo</b>	43,5	43,5	43,5
<b>Açúcar</b>	43,5	43,5	43,5
<b>Polpa de maracujá</b>	13,0	-	-
<b>Polpa de acerola</b>	-	13,0	-
<b>Polpa de cajá</b>	-	-	13,0

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá

### 2.1 ANÁLISE SENSORIAL

As formulações foram avaliadas no laboratório do IFMA Campus Codó por 120 provadores não-treinados, entre alunos e funcionários, que foram convidados aleatoriamente a participar da pesquisa, através de cartazes afixados pelo Campus e redes sociais.

Os provadores receberam 30 gramas de cada uma das amostras, de forma monádica sequencial, em blocos completos balanceados. As amostras foram servidas em copos descartáveis, codificados com números aleatórios de 3 dígitos. Foi fornecido também aos provadores água para limpeza do palato.

Para a análise sensorial, foi empregado o teste afetivo de aceitabilidade, com notas dos atributos sensoriais, ou seja, aparência, aroma, sabor e textura seguida de uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos seus extremos, com os termos: “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo”, quanto à aceitação global, e “certamente compraria” e “certamente não compraria”, para intenção de compra.

Também foi empregado o teste afetivo de aceitação por escala do ideal, nesta o avaliador teve que expressar o quão ideal o produto estava em relação aos atributos textura, coloração e sabor. A escala possuía 5 pontos, contendo termos opostos, “muito forte” a “muito fraco” e no centro o termo “ideal”, contendo números iguais de categorias de ambos os lados.

## 2.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

O pH foi determinado através de leitura direta, em pHmetro; a acidez titulável foi determinada por meio da diluição de 5 gramas de amostra homogeneizada em 100 mL de água destilada e posterior titulação com solução de NaOH 0,1N até viragem com o indicador fenolftaleína, depois transformada em massa de ácido cítrico; e o teor de sólidos solúveis através de leitura em refratômetro digital, com escala de 0 a 90 °Brix. Todos os parâmetros foram analisados segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz,<sup>15</sup> em triplicata.

## 2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Para a composição centesimal foram utilizados os métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz,<sup>15</sup> quanto à determinação do teor de umidade, cinzas, lipídeos,

proteínas, carboidratos e valor energético. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A umidade foi determinada através de secagem em estufa a 105 °C, até peso constante. O resíduo mineral fixo foi obtido através da incineração em temperaturas de 550 a 570 °C até 2012a) De Wit (2011a, 2011b), Santos obtenção de cinzas claras. Os lipídios foram obtidos através do método de Soxhlet, com hidrólise ácida prévia. O teor de Proteína foi avaliado através do teor de nitrogênio total da amostra, pelo método Kjeldahl, com fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25. Para a determinação dos carboidratos, foi realizado o cálculo por diferença, em relação aos resultados dos outros componentes. O valor energético foi determinado pela fórmula a seguir:

$$\text{Valor energético} = (\text{Proteína} \times 4) + (\text{Carboidratos} \times 4) + (\text{Gordura} \times 9)$$

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados por Análise de Variância, significância pelo teste F a 5% de probabilidade, e contraste entre as médias pelo teste de Tukey para identificar a diferença entre as formulações, utilizando o programa estatístico *Statistical Analysis Software* (SAS).<sup>16</sup> A intenção de compra foi avaliada por meio de histograma. Para elaborar o Mapa de Preferência Interno, foi utilizado o software XLStat, versão 2020.

## 2.5 ASPECTOS ÉTICOS

O trabalho foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão (FACEMA), sob o número CAAE: 78706017.6.0000.8007. Os participantes do estudo

receberam e assinaram voluntariamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DOCES

Os resultados obtidos a partir das determinações físico-químicas dos doces estão dispostos na Tabela 2.

Segundo a Resolução Normativa n.º 9, de 1978, o teor de sólidos solúveis não deve ser inferior a 65 °Brix para doces em massa.<sup>17</sup> Como pode ser observado na Tabela 2, os doces analisados neste trabalho estão obedecendo o que a legislação preconiza: o doce de acerola obteve a maior concentração de sólidos solúveis (71,1 °Brix), depois o doce maracujá (70,5 °Brix) e o doce de cajá (68,4 °Brix). Resultados semelhantes podem ser vistos no trabalho de alguns autores,<sup>10</sup> quando ao analisarem este parâmetro em cinco formulações de doces elaborados com a massa da casca do maracujá, encontraram valores entre 68 e 72 °Brix.

A formulação F1, correspondente ao doce de maracujá, apresentou o pH mais ácido (3,20) em consequência de seu maior índice de acidez (0,70 g. ácido cítrico/100) em relação aos outros doces. Segundo Martins,<sup>18</sup> o pH é um parâmetro muito importante no processo de formação do gel e, para que isto ocorra, os valores precisam estar próximos de 3,0. Contudo, apesar de os resultados encontrados neste estudo para as formulações F2 e F3 (acerola e cajá, respectivamente) serem mais altos, a geleificação não foi comprometida, por causa da concentração de sólidos solúveis e da proporção da pectina utilizada. Caso contrário, o resultado poderia ser negativo, pois com pH acima

de 3,5 não há formação de gel em concentrações normais de sólidos solúveis.

Outros autores<sup>10</sup> também avaliaram o pH de suas cinco formulações de doces e obtiveram médias que variaram de 2,94 a 3,08, valores próximos aos encontrados para a formulação F1 deste estudo.

No que diz respeito à acidez titulável, os valores encontrados nos doces foram satisfatórios, dada a relação que a acidez exerce juntamente com os outros ingredientes para a formação do gel, não havendo a necessidade de adição de acidulantes.

Os resultados do presente trabalho estão similares aos valores encontrados quanto à acidez em outro trabalho,<sup>10</sup> principalmente em relação ao teor de ácido cítrico no doce de maracujá, onde foram encontradas médias que variaram entre 0,64 a 0,86 das cinco formulações de doce de casca de maracujá em base seca.

Godoy et al.<sup>19</sup> elaboraram doces em massa de frutos provenientes de diferentes genótipos de aceroleira e os caracterizaram quanto aos parâmetros físico-químicos. O doce de acerola elaborado neste trabalho apresentou pH superior aproximado às formulações desses autores (média de 3,45). Contudo, os valores de acidez titulável total de suas formulações (média de 1,09), foram superiores aos deste estudo.

Tabela 2 – Resultados para as características físico-químicas dos doces

Parâmetros físico-químicos	F1 (Média±DP)	F2 (Média±DP)	F3 (Média±DP)
°Brix	70,5±0,03	71,1±0,01	68,4±0,01
pH	3,20±0,01	4,00±0,23	3,77±0,05
Acidez titulável (g de ác.cítrico em 100g)	0,70±0,11	0,33±0,02	0,37±0,18

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá. DP: Desvio Padrão.

### 3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os resultados para a composição centesimal dos doces elaborados encontram-se na Tabela 3.

Os doces elaborados apresentaram uma porcentagem elevada de calorias por conta da presença do açúcar, que precisa ser usada em grande quantidade, para assegurar a característica firme do doce de corte.

O doce de cajá apresentou maior teor de umidade, de acordo com a Tabela 3, correspondendo ao seu teor de sólidos solúveis final, onde apresentou o menor °Brix. Na norma brasileira vigente não há parâmetros físico-químicos fixados para doce de corte, assim, o padrão a ser comparado foi o de geleia, por possuir características similares ao doce, porém, com uma menor concentração de sólidos solúveis. Segundo a Resolução CNNPA nº12 de 1978<sup>17</sup> o valor máximo de umidade para geleia comum é 38% e 35% para a extra, sendo assim o doce de cajá foi o único que apresentou umidade elevada (42,23%), tendência esperada já que o doce apresentou uma leve perda de água o que pode ser explicado pelo pH do cajá ser um pouco mais elevado.

Dias, Borges, Oliveira, Nascimento e Camilloto,<sup>10</sup> ao estudarem variáveis no processamento de doce em massa da casca do maracujá em cinco formulações diferentes com mesma porcentagem de polpa e açúcar, mas com diferente concentração de suco e concentração final do produto, observaram que o doce que apresentou maior teor de umidade (26,91%) também apresentou menor concentração de sólidos solúveis, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho para o doce com polpa de cajá.

As proteínas essenciais, que não são produzidos pelo corpo humano, encontram-se em sua maioria em alimentos de origem animal, não sendo comum um teor de proteína significativo em produtos elaborados com matéria prima de origem vegetal, o que explicaria o baixo teor de proteína encontrado nos doces.

O doce de maracujá teve o maior percentual (1,12%) e os demais 0,28%. A presença de proteína no produto final pode ter relação com a presença da mesma no mesocarpo do maracujá, como foi detectado em outros trabalhos,<sup>20,21</sup> cujos autores, ao avaliarem a casca do maracujá em base seca, encontraram 1,50 e 2,58%, respectivamente.

Tabela 3 – Composição nutricional das formulações de doces a base de mesocarpo de maracujá

Parâmetro físico-químico (g/100g)	Formulações		
	F1 (Média±DP)	F2 (Média±DP)	F3 (Média±DP)
Valor energético (Kcal)	255,13 (13%)*±0,15	286,14 (14%)*±1,22	230,09 (11,33%)*±1,19
Carboidratos	62,66 (21%)*±0,23	71,25 (24%)*±0,29	57,28 (19%)*±0,29
Proteínas	1,12 (1,33%)*±0,21	0,28±0,01	0,28±0,01
Gorduras Totais	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Umidade	35,95±0,05	28,15±0,28	42,23±0,29
Minerais totais	0,26±0,03	0,31±0,30	0,2±0,01

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá. DP: Desvio Padrão. (\*) equivale ao valor diário recomendado para uma dieta com ingestão de 2000 kcal.

### 3.3 ANÁLISE SENSORIAL

A média de idade foi em torno de 22 anos, com as mulheres correspondendo a 51% dos participantes. Do total, 32% disseram consumir doces em massa mensalmente, 30% semanalmente, 16% diariamente, 11% apenas quinzenalmente e 11% não consomem.

Ao diagnosticarem o consumo e processo de doces de frutas feitos artesanalmente, autores de outro estudo<sup>22</sup> relataram que parte dos consumidores (32,85%) consumia doces artesanais de frutas eventualmente, mas aqueles que consumiam, no mínimo, pelo menos uma vez por semana, somaram 56,68% dos entrevistados.

O teste afetivo para saber o nível de aceitação dos doces baseou-se numa escala não estruturada de 9 cm e os resultados estão expressos na Tabela 4.

A formulação F1 (doce de maracujá) obteve diferença significativa dos demais doces no quesito aparência. Vale ressaltar que as três formulações apresentaram diferença neste quesito, já que se tratava de matérias primas diferentes. Nos outros atributos, o doce de maracujá assemelhou-se ao doce de cajá quanto ao sabor, textura e impressão global.

A formulação F3 (doce de cajá) foi a que obteve as menores médias, em todos os atributos diferenciando-se significativamente com pelo menos uma das outras formulações.

Lima<sup>23</sup> elaborou doce de corte de seriguela (*Spondias purpurea* L.) e a amostra com maior proporção de sacarose recebeu valores médios de aceitação entre 6,54 e 7,10, correspondendo, na escalahedônica, às impressões “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, resultados próximos aos encontrados para a amostras F2, com polpa de acerola, neste trabalho.

Tabela 4 – Aceitação sensorial de doces em massa de frutos tropicais à base de mesocarpo de maracujá

Formulações	Aparência (Média±DP)	Aroma (Média±DP)	Sabor (Média±DP)	Textura (Média±DP)	Impressão Global (Média±DP)
F1	5,55±1,87 <sup>b</sup>	5,61±1,78 <sup>a</sup>	5,31±2,09 <sup>ab</sup>	5,60±1,86 <sup>ab</sup>	5,45±1,76 <sup>b</sup>
F2	6,17±1,78 <sup>a</sup>	5,52±2,09 <sup>ab</sup>	5,95±1,96 <sup>a</sup>	6,06±1,86 <sup>a</sup>	6,04±1,89 <sup>a</sup>
F3	4,73±1,91 <sup>c</sup>	4,97±1,96 <sup>b</sup>	5,17±2,21 <sup>b</sup>	5,03±1,96 <sup>b</sup>	5,08±1,84 <sup>b</sup>
DMS	0,59	0,59	0,74	0,64	0,57

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. DP: Desvio Padrão. DMS: Diferença Mínima Significativa.

No aspecto global a amostra 2 que corresponde ao doce de acerola diferenciou-se significativamente das demais amostras, assim como no atributo aparência. Isso pode estar associado ao fato de que este doce, neste aspecto, se assemelha com a goiabada, que é um doce de corte mais conhecido e consumido pelos consumidores. Quanto ao aroma, sabor e a textura não obteve diferença significativa em relação ao doce de maracujá.

Em uma escala de 9 cm, que foi a utilizada para o teste de aceitação neste estudo, as notas acima de 4,5 revelam que o consumidor não foi indiferente às amostras avaliadas e, abaixo disso, são notas negativas de aceitação. As três formulações receberam notas acima de 4,5 para todos os atributos, portanto, os consumidores aceitaram bem os doces elaborados.

O Mapa de Preferência Interno, construído a partir das notas da impressão global, para as três formulações de doces está apresentado na Figura 1, onde os pontos vermelhos representam os consumidores, localizados próximos as amostras de sua preferência, representadas em azul. Os componentes principais 1 e 2 explicaram 100% das variações entre as amostras com relação à aceitação.

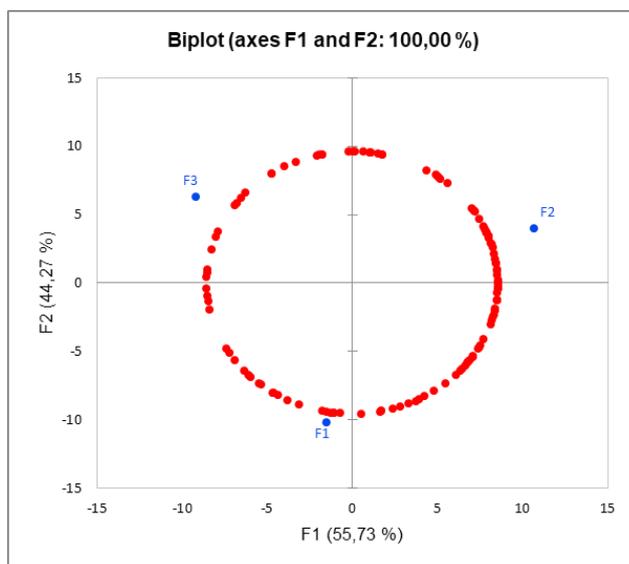


Figura 1 – Mapa de Preferência Interno para as três formulações de doces em relação à impressão global

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá.

No mapa, é possível visualizar que os consumidores estão divididos, porém percebe-se uma maior concentração de consumidores próximo da amostra F2, elaborada com acerola, indicando sua preferência por essa amostra.

Os dados que revelam a intenção de compra dos doces elaborados por parte dos consumidores encontram-se na Figura 2.

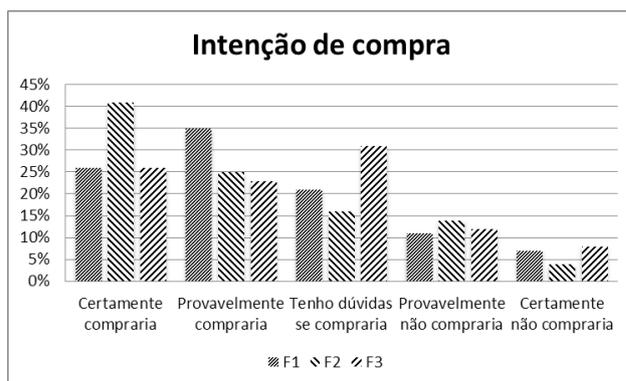


Figura 2 – Intenção de compra das três formulações de doces elaboradas

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá.

A intenção de compra apresentada pelo consumidor corrobora com os resultados anteriores de aceitação, onde a amostra F2 (doce de acerola) obteve os melhores índices, pois 41% dos participantes disseram que certamente comprariam. Para a amostra F1 (doce de maracujá) 35% disseram que provavelmente comprariam, e a para a amostra F3 (doce de cajá) um percentual maior de consumidores tiveram dúvidas se comprariam (31%).

A Figura 3 representa os dados referente ao ideal de textura das formulações avaliadas. A textura é o conjunto de todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos.<sup>24</sup>

A frequência de respostas para “firme do jeito que eu gosto” (textura ideal) foi superior às outras opções, para os três doces, sendo que para 57% dos provadores a textura do doce de acerola estava ideal.

A percepção da textura dos alimentos se dá pela combinação dos sentidos sensoriais, o que dificulta a avaliação sensorial dessa característica, uma vez que o entendimento dos atributos pode ser diferente dependendo dos julgadores empregados.<sup>25</sup>

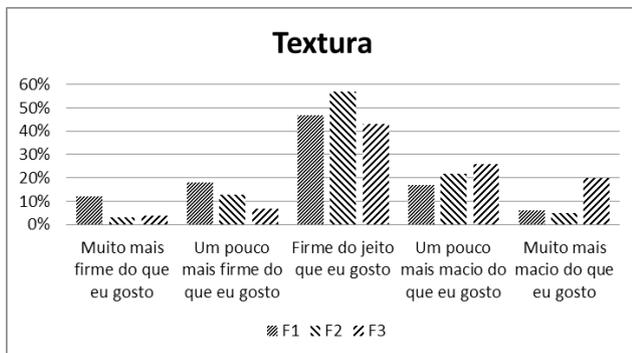


Figura 3 – Resultados para o atributo textura dos doces em massa

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá.

Geralmente, o primeiro contato que o consumidor tem com o alimento se dá através da percepção visual, destacando-se a aparência e a coloração. Os produtos possuem cores e aparências pré-definidas e devem corresponder às expectativas sensoriais do consumidor. Isto está associado à forma natural do produto, ou a forma consagrada culturalmente, de acordo com as características esperadas.<sup>26</sup>

A coloração ideal atingiu porcentagens acima de 50% para os doces de acerola e maracujá, como mostra a Figura 4. O doce de cajá obteve 29% para a coloração ideal e 28% para a coloração mais clara que o ideal. Vale enfatizar que os frutos utilizados têm colorações muito distintas, e o fato de o doce de acerola obter a melhor porcentagem, além de seu vermelho intenso, pode está associada ao fato de assemelhar-se ao doce tipo goiabada neste atributo, já que este é um doce mais popular entre os consumidores.

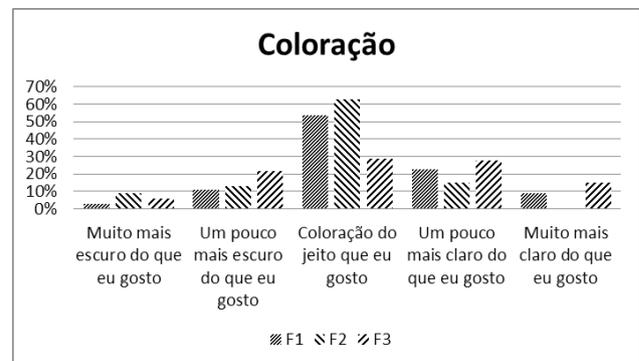


Figura 4 – Resultados para o atributo coloração dos doces em massa

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá.

Os escores com relação ao ideal de doçura podem ser visualizados na figura 5. O sabor, de acordo com a definição da ABNT (1993), é um atributo complexo, definido como experiência mista, mas unitária de sensações olfativas, gustativas e táteis percebidas durante a degustação.

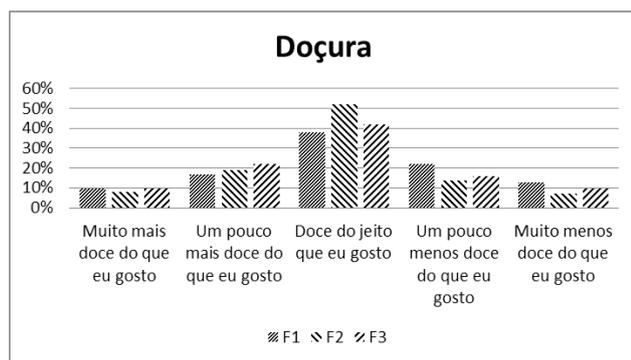


Figura 5 – Resultados para o atributo sabor dos doces em massa

Nota: F1: doce com polpa de maracujá; F2: doce com polpa de acerola; F3: doce com polpa de cajá.

As frutas utilizadas tem participação direta quanto ao resultado para sabor, pois o percentual de concentração na formulação foi igual nos três casos. Neste atributo, novamente, o doce de

acerola obteve a melhor porcentagem, com 52% para o ideal de doçura, seguido pelo doce de cajá, com 42%.

## 4 CONCLUSÕES

Os doces elaborados apresentaram características físico-químicas e composição centesimal satisfatórias. Com relação às características sensoriais, a formulação elaborada com polpa de acerola foi melhor aceita pelos provadores, provavelmente por apresentar características próximas a de doces mais conhecidos pelos consumidores. Entretanto, as três formulações apresentaram notas acima da média central para todos os atributos avaliados, evidenciando que os provadores não foram indiferentes às amostras.

O estudo mostrou que é viável a produção de doces em massa utilizando a pectina do maracujá e polpa de frutos tropicais, auxiliando na redução de resíduos agroindustriais e agregação de valor.

## REFERÊNCIAS

1. Faraoni AS, Ramos AM, Guedes DB, Oliveira ADN, Lima THFD, Sousa PHMD. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. *Cienc. Rural* [Internet]. 2012; 42(5): 911-7. doi: 10.1590/S0103-84782012005000014
2. Souza AGC, Silva SEL, Souza MG. Produção de mudas frutíferas. *Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica (INFOTECA-E)*. 2002; 1(15): 1-6.
3. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Regulamento Técnico para fixação dos padrões de Identidade e Qualidade Gerais para o Suco Tropical e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 9 de setembro de 2003 [acesso em 2020 nov. 13]; 174: 2-5. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-12-de-4-de-setembro-de-2003.pdf>

4. Gontijo GM. Cultivo do maracujá: informações básicas. 1.ed. Brasília: Emater-DF; 2017.
5. Rossi AD, Rossi FS, Silva JR. Análise Setorial. Produção de Sucos Tropicais: Maracujá. Vera Cruz: AFRUVEC; 2001.
6. Mendes AMS, Oliveira AR, Teixeira, AHC, Bastos DC, Batista DC, Angelotti F, et al. A cultura da acerola. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2012.
7. Sacramento CK, Souza FX. Cajá. In: Santos-Serejo JA, Dantas JLL, Sampaio CV, Coelho YS, editores. Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; 2009. p. 85-105.
8. Silva FT. Manual de produção artesanal de doce em massa. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA; 1997.
9. Kopf C. Técnicas do processamento de frutas para a agricultura familiar. Guarapuava: Unicentro; 2008.
10. Dias MV, Borges SV, Oliveira LF, Nascimento RM, Camilloto GP. Aproveitamento do albedo do maracujá na elaboração de doce em massa e alterações com o armazenamento. Alim e Nutr. 2011; 22(1): 71-8.
11. Amaral DA, Pereira MLS, Ferreira CC, Gregório EL. Análise sensorial de geleia de polpa e de casca de maracujá. HU Rev. 2012; 38(3-4): 181-6.
12. Ishimoto FY, Harada AI, Branco IG, Conceição WAS, Coutinho M R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. var. *flavicarpa* Deg.) para produção de biscoitos. RECEN. 2007; 9(2): 279-92.
13. Gomes RB, Santos MB, Cardoso RL, Torquato J, Brasil, BA. Elaboração e avaliação físico-químico e sensorial de geleia de maracujá com cenoura. Enciclopédia Biosfera. 2013; 9(16): 2765-70.
14. Cardoso JR, Silva FIC, Moraes GB, Braga LO, Brito JS. Avaliação da aceitação de doce elaborado com aproveitamento de albedo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*). Rev Bras Prod Agroindustriais [Internet]. 2013; 2: 123-8. doi: 10.15871/1517-8595/rbpa.v15n2p123-128
15. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: Editora Adolfo Lutz; 2008.
16. Statistical Analysis System. SAS System for Windows (Statistical Analysis System) Cary, USASAS Institute Inc.; 2006.

17. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução CNNPA nº 12 de 1978. Fixa os padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas) constantes desta resolução. Brasília, DF: Anvisa; 1978. [acesso em 2018 jan. 11]. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao\\_CNNPA\\_n\\_12\\_de\\_1978.pdf/4f93730f-65b8-4d3c-a362-eae-311de5547](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao_CNNPA_n_12_de_1978.pdf/4f93730f-65b8-4d3c-a362-eae-311de5547)
18. Martins R. Doce em Pasta e em Calda. Dossiê Técnico [Internet]. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro; 2007. [acesso em: 2018 fev. 21]. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjMo>
19. Godoy RCB, Matos ELS, Amorim TS, Sousa Neto MA, Ritzinger R, Waszczyński N. Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo *in natura* e para elaboração de doces. B.CEPPA. 2008; 26(2): 197-204.
20. Córdova KRV, Gama TMMTB, Winter CMG, Kaskantzis Neto G, Freitas RJS. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo obtida por secagem. Bol do Cent Pesqui Process Aliment [Internet]. 2005; 23(2): 221-30. doi: 10.5380/cep.v23i2.4491
21. Pinheiro MVS, Penna ALB. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. Alim e Nutr. 2004; 15(2): 175-86.
22. Freitas LFM, Menezes CC, Carneiro JDS, Reis RP. Diagnóstico do consumo e processo produtivo de doces de frutas produzidos artesanalmente. Alim e Nutr [Internet]. 2012; 23: 589-95. doi: 10.3395/2317-269x.00241
23. Lima ICGS. Seriguela (*Spondias purpurea* L.): propriedades físico-químicas e desenvolvimento de geleia de doce de corte e aceitabilidade desses produtos [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2009.
24. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. 1993.
25. Carnelocce L, Seibel NF, Prudencio SH, Benassi MDT. Análise descritiva por ordenação: aplicação na caracterização sensorial de biscoitos laminados salgados. Braz J Food Technol [Internet]. 2012; 15(4): 288-99. doi: 10.1590/S1981-67232012005000022.
26. Folegatti MI, Matsuura FCAU, Cardoso RL, Machado SS, Rocha AS, Lima RR. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geleia e compota. Ciênc Agrotec [Internet]. 2003; 27(6): 1308-14. doi: 10.1590/S1413-70542003000600015

## RESÍDUO DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA COMO PRECURSOR DE CARVÃO ATIVADO COMPARADO A OUTROS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO

**Waste from the beer industry as an active coal precursor compared to other agroindustrial waste: a review**

<https://doi.org/10.18593/eba.25575>

Recebido em 22 de agosto de 2020 | Aceito em 6 de dezembro de 2020

Paulo Henrique Bressan<sup>\*</sup>  Rodrigo Geremias<sup>†</sup>  Edson Luiz de Souza<sup>‡</sup> 

<sup>\*</sup> Graduando em Engenharia Química pela Universidade do Oeste de Santa Catarina.

<sup>†</sup> Mestre em Química pela Universidade Regional de Blumenau; Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina.

<sup>‡</sup> Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas; Mestre em Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina.

**Resumo:** O carvão ativado (CA) consiste em um material baseado em carbono, com uma estrutura porosa interna bem desenvolvida, com grande área superficial, sendo um adsorvente muito popular utilizado para tratamento de água e efluentes. O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, em razão da grande quantidade de resíduos gerados por esse ramo industrial, assim várias alternativas são propostas para utilização dos resíduos, uma delas é a produção de CA com o bagaço do malte. Para avaliar o bagaço do malte como precursor para o CA ele foi comparado a outros resíduos agroindustriais que são utilizados como precursores para o CA, como o resíduo da produção de café e a casca de laranja. Foi comparado também o tipo de ativação física e química para a obtenção do CA e a capacidade de adsorção, fenômeno físico químico em que o componente de uma fase gasosa ou líquida são transferidos para uma superfície sólida. Os componentes que se juntam a fase sólida são chamados de adsorbatos e o componente que retém a fase líquida é chamado de adsorvente (CA). O bagaço do malte como precursor para o CA se mostrou como uma alternativa promissora pelos resultados atingidos em comparação com outros resíduos agroindustriais e por ser uma alternativa barata e com muita disponibilidade de resíduo.

**Palavras-chave:** Carvão ativado (CA). Adsorção. Resíduos agroindustriais. Bagaço do malte.

**Abstract:** *Activated carbon (CA) is a carbon-based material with a well-developed internal porous structure and large surface area. It is a very popular adsorbent used for water and wastewater treatment. Brazil is the third largest beer producer in the world, due to the large amount of waste generated by this industrial branch several alternatives are propose for the use of waste, one of them is the production of CA with the bagasse of malt. To evaluate malt bagasse as a precursor for CA it was compared to other agro-industrial residues that are used as precursors for CA, such as the residue from coffee production and orange peel, the type of physical and chemical activation for obtaining CA and the adsorption capacity were also compared, phenomenon physical chemical in which the component of a gaseous or liquid phase is transferred to a solid surface, the components that join a solid phase are called adsorbates and the component that retains the liquid phase is called adsorbent (CA). Malt bagasse as a precursor to CA has proven to be a promising alternative because of the results achieved compared to other agroindustrial wastes and because it is a cheap and resource-intensive alternative.*

**Keywords:** *Activated carbon (CA). Adsorption. Agro industrial wastes. Malt bagasse.*

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás dos EUA e China. O país conta com uma produção nacional de cerca de 13 bilhões de litros por ano, segundo a CervBrasil.<sup>1</sup> Uma produção de grande porte como a do Brasil resulta em muitos resíduos durante a produção, como o bagaço do malte, representando 85% do total de subprodutos gerados.<sup>2</sup>

Em razão da grande quantidade de resíduos agroindustriais geradas pela indústria, várias alternativas são elaboradas para o aproveitamento desses resíduos. Pelo fato do malte ser um rico material biológico, entre as alternativas está a produção de bioetanol,<sup>3</sup> o desenvolvimento de tijolos ecológicos,<sup>4</sup> fabricação de biscoitos nutritivos<sup>5</sup> e a produção de carvão ativado (CA) pela sua grande capacidade de adsorção e por ser um material barato.<sup>6</sup>

O carvão ativado consiste em um material baseado em carbono, com uma estrutura porosa interna bem desenvolvida, com grande área superficial e é um adsorvente muito popular utilizado para tratamento de água e efluentes em todo mundo.<sup>7</sup> Estudos apresentam a utilização de CA na remoção e metais pesados como níquel<sup>8</sup> e manganês,<sup>9</sup> e também na utilização para remoção de cobre e chumbo, demonstrado por Allani Alves.<sup>10</sup> Dessa forma, este trabalho visa realizar uma breve revisão sobre a capacidade de adsorção do CA, comparando diferentes tipos de ativação, quantidade de corante adsorvido e matéria prima utilizada. Ainda, considerando como possível material para produção de carvão ativado o bagaço do malte comparando-o a outros tipos de precursores e mostrando suas vantagens e desvantagens.

## 2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ALTERNATIVOS

### 2.1 ATIVAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA

O processo para obter o CA pode ocorrer de duas formas, com a ativação física e a ativação química. A ativação física consiste na carbonização do material precursor do CA em atmosfera inerte em temperaturas entre 400 e 1200 °C e sendo ativado em seguida com um gás oxidante. Já a ativação química possui diferenças em seu processo. Visto que o precursor do CA é misturado com um agente químico e posteriormente submetido a uma carbonização entre 400 e 900 °C, este processo apresenta menor temperatura de carbonização e menor tempo de ativação comparado à ativação física.<sup>11</sup> A capacidade de adsorção do CA possui uma ligação com a quantidade de material impregnado pelo agente químico ativante.<sup>12</sup>

Há vários métodos para ativação física e química. Em um dos estudos pesquisados, os autores<sup>13</sup> utilizaram café como resíduo precursor de CA e impregnou sua amostra com ZnCl<sub>2</sub> e a ativação foi feita em atmosfera inerte de N<sub>2</sub> em um forno tubular horizontal com temperatura de 500 °C por 3 horas.

Outro método foi utilizado em estudo sobre carvão ativado da pirólise de serragem de eucalipto.<sup>14</sup> Neste caso para a ativação do carvão foi usado um gerador de vapor de 2 litros, com fluxo de nitrogênio carreador do vapor d'água a uma temperatura inicial de 100 °C e prosseguindo até 850 °C. A taxa de aquecimento foi mantida a 20 °C min<sup>-1</sup> e a temperatura máxima permaneceu por 120 minutos, sendo o tempo médio de ativação de 160 minutos.

Por outro lado, outro estudo<sup>15</sup> usou resíduos agroindustriais para fabricação do CA, foram utilizados dois tipos de ativação, pois usou dois resíduos diferentes, na amostra preparada com resíduo de café foi utilizado hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), visando catalisar a oxidação e formar um material com alta porosidade. Para a segunda amostra feita com bagaço de malte e amido de milho por meio da ativação física, onde as amostras foram secas em temperatura ambiente logo após colocadas dentro de um reator de aço inoxidável para permitir uma troca gasosa homogênea (nitrogênio a  $100 \text{ ml min}^{-1}$ ). O reator em seguida foi aquecido a  $20 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  até  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Depois a amostra foi esfriada em temperatura ambiente sob argônio ( $25 \text{ ml min}^{-1}$ ).

## 2.2 PRECURSOR/MATÉRIA PRIMA UTILIZADA COMO PRECURSOR DO CA

O carvão ativado é popular por ser um excelente adsorvente para remoção de contaminantes orgânicos devido sua grande capacidade de adsorção. Porém, devido ao seu alto custo de produção, pesquisas buscam alternativas de precursores orgânicos para reduzir o custo total de produção de CA. Resíduos agroindústrias são amplamente utilizados para esse fim e mostraram ser precursores promissores para tal produção por apresentar baixo custo e ser uma fonte renovável.<sup>15</sup>

Pesquisadores<sup>16</sup> utilizaram quatro tipos de materiais para sintetizar o carvão ativado, são eles: casca de laranja, pinha, talo de banana e erva-mate moída. Outro estudo usa como precursor do CA os resíduos da uva coletados em uma fábrica de vinho.<sup>17</sup> Já outros<sup>18</sup> recorreram à planta *jatropha curcas* para sintetizar o CA, planta oleosa não comestível que é usada para produção de biodiesel.

É possível perceber que há muitas variedades de resíduos agroindustriais para fabricação do CA, as citadas nos parágrafos anteriores são apenas alguns exemplos.

## 3 BAGAÇO DO MALTE USADO COMO PRECURSOR PARA PRODUÇÃO DE CA

Em outro estudo, os autores<sup>19</sup> utilizaram o resíduo de uma indústria cervejeira brasileira, no estado do Paraná. O bagaço do malte úmido foi seco em estufas a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  até que seu teor de umidade ficasse abaixo de 10%.

O processo de ativação envolveu duas etapas, a primeira etapa envolveu a pirólise dos briquetes, os quais foram preparados em várias proporções de massa de bagaço do malte: resíduo de fermento usado na indústria cervejeira (1:0, 1:0,5, 1:1 e 1:1,5) que foram misturados e moldados. Os briquetes úmidos de aproximadamente 100 gramas foram colocados no forno e inseridos em um reator com fluxo de  $150 \text{ ml min}^{-1}$  de  $\text{N}_2$  para ter uma atmosfera inerte. As amostras foram aquecidas a uma taxa de  $10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  até chegar a uma temperatura de  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ , assim as amostras foram mantidas nesta temperatura por uma hora. Após este processo, os briquetes foram resfriados até a temperatura do reator atingir menos que  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Na segunda etapa outros briquetes de aproximadamente 50 gramas foram colocados no reator e aquecidos a uma taxa de  $10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  sob fluxo de  $\text{N}_2$  até chegar a uma temperatura de  $850 \text{ }^\circ\text{C}$ . Quando chegou na temperatura necessária, o fluxo de gás foi alterado para  $\text{CO}_2$  com um fluxo de  $100 \text{ ml min}^{-1}$  e as amostras ficaram duas horas nesta ativação. Após esse tempo, o fluxo de gás voltou para  $\text{N}_2$  e as amostras foram resfriadas.<sup>19</sup>

Em outro estudo<sup>20</sup> os carvões foram produzidos aquecendo as amostras de resíduo de

bagaço do malte a  $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$  até a temperatura de  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou  $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ , seguindo por um período isotérmico de 30 minutos sob atmosfera de  $\text{N}_2$  ( $80\text{ ml min}^{-1}$ ), após isto foram introduzidas diferentes quantidades de água no reator para ativação.

Em outro trabalho pesquisado,<sup>21</sup> após o resíduo da produção cervejeira (bagaço do malte) foi seco até atingir uma umidade inferior a 10% sendo a amostra pré-tratada com ácido sulfúrico diluído e ao final da reação o resíduo sólido foi separado e lavado com água até o pH ficar neutro.

Por meio da hidrólise alcalina do resíduo tratado com ácido foi obtido um líquido escuro, para a precipitação da legnina o pH do líquido foi reduzido de 12,56 para 2,15 por adição de ácido sulfúrico concentrado e depois o precipitado foi lavado completamente sobre água destilada até atingir a neutralidade, filtrado e seco.<sup>21</sup>

A lignina seca foi peneirada e as partículas que passaram pela peneira foram usadas para produção do carvão ativado. Para o processo de ativação da lignina foi usado  $\text{H}_3\text{PO}_4$  e as temperaturas de carbonização foram de 300, 450 e  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  em diferentes amostras. A lignina foi impregnada pelo reagente químico durante uma hora e após isso partiu para a etapa de carbonização em uma mufla a qual foi aquecida até a temperatura de carbonização e a temperatura se manteve por duas horas. Após o resfriamento o sólido foi lavado com água para tirar o excesso de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  e depois as amostras foram secas e esmagadas com pistilo, resultando no CA.<sup>21</sup>

## 4 ADSORÇÃO E ISOTERMAS

A adsorção é um fenômeno físico-químico em que o componente em uma fase gasosa ou líquida é transferido para a superfície sólida. Os componentes que se juntam à superfície são chamados de adsorvatos e a fase sólida que retém o adsorvato é chamado de adsorvente.<sup>22</sup> O estudo das isotermas de adsorção possui uma grande utilidade em para descrever as interações entre adsorvente e adsorbato, com parâmetros obtidos por meio de vários modelos obtêm-se informações como mecanismos de adsorção e propriedades superficiais, entre os modelos mais utilizados destacam-se o de Langmuir e Freundlich.<sup>23</sup>

A isoterma de Langmuir descreve quantitativamente a formação de uma monocamada de adsorbato na superfície externa do adsorvente e uma superfície homogênea. Já a isoterma de Freundlich é usada para descrever as características de adsorção em superfícies heterogêneas.<sup>24</sup>

A Figura 1 comparativa abaixo mostra os diferentes tipos de precursores que alguns autores utilizaram em comparação com o bagaço do malte, o qual é o foco principal desta revisão. É comparado na tabela o agente ativante, temperatura de carbonização, área superficial, adsorbato utilizado e capacidade de adsorção.

Autor	Precursor	Agente ativante	Temperatura de carbonização	Área superficial	Adsorbato utilizado	Capacidade de adsorção
Gonçalves, Nakamura, Furtado e Veit <sup>19</sup> (2017)	Bagaço do malte	CO <sub>2</sub>	800 a 850°C	Entre 84,8 e 353,3 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Azul de metileno	59,06% a 93,92%
Vanreppelenen, Vanderheyden, Kuppen, Schreurs, Yperman e Carleer <sup>20</sup> (2014)	Bagaço do malte	H <sub>2</sub> O	800 ou 850°C		Fenol	Fenol removido entre 20% a 100%, dependendo das condições utilizadas
Mussato, Fernandes, Rocha, Órfão Teixeira e Roberto <sup>21</sup> (2010)	Bagaço do malte	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	600°C	Entre 15 e 812 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Corantes	60,4% a 64,4%
Brum, Bianchi, Silva, Gonçalves, Guerreiro e Oliveira <sup>13</sup> (2008)	Resíduo do café	ZnCl <sub>2</sub>	500°C	933 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Azul de Metileno	188,7 mg/g <sup>-1</sup>
Martins, Diniz, Stahl e Cardoso <sup>14</sup> (2007)	Serragem de eucalipto	Nenhum	850°C	137 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Azul de metileno	95,2%
Saygılı, Güzel e Önalı <sup>17</sup> (2015)	Resíduo da uva	ZnCl <sub>2</sub>	400 a 800°C	911 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup> a 1361 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Azul de Metileno	417 mg/g Isoterma de langmuir demonstrou bons valores
Húmpola, Odetti, Moreno-Piraján e Giraldo <sup>16</sup> (2015)	Casca de laranja	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub>	996°C	451 m <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup>	Fenol	Bons resultados para ser empregado como adsorvente de compostos fenólicos

Figura 1 – Comparação entre precursores

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações obtidas no presente estudo, é possível perceber que há vários resíduos agroindústrias para serem usados como precursores para o CA, em função de apresentarem bons resultados em seus respectivos testes e um valor economicamente barato.

Entre os resíduos de agroindústrias citadas se destacam o resíduo da uva e o resíduo do café como precursor, por apresentarem uma boa porosidade e área superficial, assim funcionando como um bom adsorvente em seus respectivos testes.

O bagaço do malte, comparado a outros tipos de resíduos agroindustriais, mostra ser um promissor precursor para a produção do CA, pois apresentou resultados semelhantes a outros precursores. Porém há que buscar a melhor combinação de etapas para produzir o CA ideal, a partir do bagaço do malte.

## REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja [Internet]. Anuário; 2016 [acesso em 2020 ago. 10]. Disponível: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016\\_WEB.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf)
2. Reynold MR. Manual Prático de Cervejaria. São Paulo: Aden; 1997.
3. Lima TC, Araújo IO, Antunes JG, Matos CJG, Pereira CSS. Estudo da produção de bioetanol a partir do bagaço de malte. São Paulo: Blucher; 2014.
4. Menezes LCMAO, Yamashita M. Produção de tijolos ecológicos com cinzas de caldeira e bagaço de malte [trabalho de conclusão de curso]. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2017.
5. Guo M, Du J, Zhang Z'A, Zhang K, Jun Y. Optimization of brewer's spent grain-enriched biscuits processing formula. *J. Food Process Eng.* 2014; 37: 122-30.
6. Sahu JN, Acharya J, Meikap BC. Optimization of production conditions for activated carbons from tamarind wood by zinc chloride using response surface methodology. *Bioresour Technol.* 2010; 101:1974-82.
7. Bhatnagar A, Hogland W, Marques M, Sillanpaa M. An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. *Chem Eng J.* 2013; 499-511.
8. Nayak A, Brushan B, Gupta V, Sharma P. Chemically activated carbon from lignocellulosic wastes for heavy metal wastewater remediation: Effect of activation conditions. *J. Colloid Interface Sci* [Internet]. 2017; 493: 228-40. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2017.01.031>
9. Perilli TAG, Sicupira DC, Mansur MB, Ladeira ACQ. Avaliação da capacidade adsorptiva de carvão ativado para a remoção de manganês. *Holos* [Internet]. 2014; 3: 264. doi: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1777>
10. Alves ACM. Avaliação do tratamento de efluentes líquidos contendo cobre e chumbo por adsorção em carvão ativado [dissertação]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas; 2007.
11. Wang J, Kaskel S. KOH activation of carbon-based materials for energy storage. *J Mater Chem.* 2012; 22: 23710-25.
12. Laksaci H, Khelifi A, Trari M, Addoun A. Synthesis and characterization of microporous activated carbon from coffee grounds using potassium hydroxides. *J. Clean. Prod* [Internet]. 2017; 147: 254-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.102>

13. Brum SS, Bianchi ML, Silva VL, Gonçalves M, Guerreiro MC, Oliveira LCA. Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. *Quim Nova*. 2008; 31(5): 1048-52.
14. Martins AF, Diniz J, Stahl JA, Cardoso A de L. Caracterização dos produtos líquidos e do carvão da pirólise de serragem de eucalipto. *Quim Nova*. 2007; 30(4): 873-8.
15. Rovani S, Rodrigues AG, Medeiros LF, Cataluña R, Lima EC, Fernandes NA. Synthesis and characterisation of activated carbon from agroindustrial waste—Preliminary study of 17 $\beta$ -estradiol removal from aqueous solution. *J. Environ. Chem. Eng [Internet]*. 2016; 4(2): 2128-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2016.03.030>
16. Húmpola P, Odetti H, Moreno-Piraján JC, Giraldo L. Activated carbons obtained from agro-industrial waste: textural analysis and adsorption environmental pollutants. *Adsorption [Internet]*. 2015; 22(1): 23-31. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10450-015-9728-y>
17. Saygılı H, Güzel F, Önal Y. Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption. *J. Clean. Prod [Internet]*. 2015; 93: 84-93. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.009>
18. Sathishkumar P, Arulkumar M, Palvannan T. Utilization of agro-industrial waste *Jatropha curcas* pods as an activated carbon for the adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R (RBBR). *J. Clean. Prod [Internet]*. 2012; 22(1): 67-75 doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.017>
19. Gonçalves G da C, Nakamura PK, Furtado DF, Veit MT. Utilization of brewery residues to produce granular activated carbon and bio-oil. *J. Clean. Prod [Internet]*. 2017; 168: 908-16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.089>
20. Vanreppelen K, Vanderheyden S, Kuppens T, Schreurs S, Yperman J, Carleer R. Activated carbon from pyrolysis of brewer's spent grain: production and adsorption properties. *Waste Manag Res [Internet]*. 2014; 32(7): 634-45. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x14538306>
21. Mussatto SI, Fernandes M, Rocha GJM, Órfão JJM, Teixeira JA, Roberto IC. Production, characterization and application of activated carbon from brewer's spent grain lignin. *Bioresour Technol [Internet]*. 2010; 101(7), 2450-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.025>
22. Masel RI. Principles of adsorption and reaction on solid surfaces. Illinois: John Wiley e Sons; 1996.
23. Makrigianni V, Giannakas A, Deligiannakis Y, Konstantinou I. Adsorption of phenol and methylene blue from aqueous solutions by pyrolytic tire char: equilibrium and kinetic studies. *J. Environ. Chem. Eng [Internet]*. 2015; 3(1): 574-82.

24. Dada, AO, Olalekan AP, Olatunya AM, Dada O. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn<sup>2+</sup> Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *Iosr J. Appl. Chem* [Internet]. 2012; 3(1): 38-45.