

CARACTERIZAÇÃO DE ESPUMA RÍGIDA BIODEGRADÁVEL DE AMIDO DE MILHO E BORRA DE CAFÉ

Tiago F. Corrêa[1] ; Maurício de Almeida Schmitt [2]

[1;2] *Engenharia Química - Universidade Luterana do Brasil – ULBRA Campus Canoas.*
tiago.felipe@rede.ulbra.br [1]; mauricio.schmitt@ulbra.br [2]

Palavras-Chave: biopolímero; amido; borra de café; perda de massa.

Introdução

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a caracterização de espumas rígidas à base de amido de milho incorporadas com resíduo de borra de café como carga vegetal. O objetivo principal é avaliar o potencial do material como alternativa sustentável para utilização em embalagens do tipo bandejas descartáveis, comparando suas propriedades físicas e comportamentais frente ao poliestireno extrudado (XPS). Por meio do processo de termoexpansão, testaram-se diferentes concentrações de borra de café para verificar seu efeito na densidade aparente, na capacidade de absorção de água e no perfil de perda de massa por desintegração em solo. Os resultados indicam que, embora o material apresente elevada higroscopicidade em relação ao plástico sintético, possui expressivo potencial de degradação ambiental, apresentando expressiva perda de massa em 28 dias de exposição ao solo. Dessa forma, o trabalho conclui que essas espumas possuem viabilidade técnica para substituir plásticos convencionais em contextos de baixa exposição a líquidos.

Material e Métodos

Foram utilizadas como matérias-primas: amido de milho comercial (Figura 1), borra de café (resíduo da extração de café expresso, utilizado seco), água destilada e glicerol. As formulações produzidas foram quatro contendo 0% (controle A), 3% (B - 9 g), 5% (C - 15 g) e 7% (D - 21 g) de borra de café, calculadas em relação à massa seca de amido (120 g a 99 g). O glicerol (3 g) foi adicionado na proporção fixada em 1% (m/m) em relação à massa total da mistura, juntamente com 177 g de água destilada.

O processamento envolveu a gelatinização total do amido em meio aquoso a 90 °C sob agitação constante até a obtenção de uma massa homogênea (Figura 2). A expansão das espumas foi realizada por termoexpansão (Figura 3) em prensa hidráulica (15 Ton) equipada com moldes de alumínio aquecidos a 200 °C, sob pressão de 113,2 bar por 60 segundos. Para fins comparativos, utilizou-se uma amostra comercial de poliestireno extrudado (XPS - Formulação E).

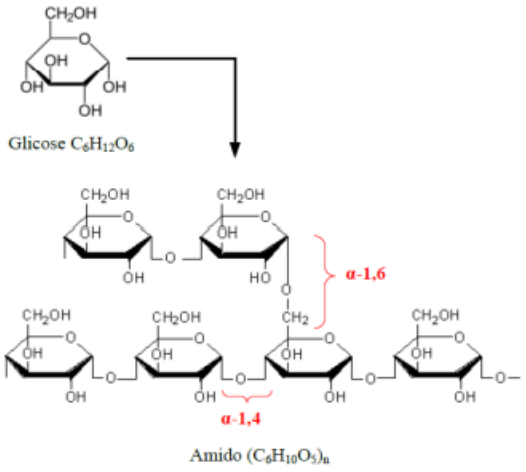
As espumas foram caracterizadas em triplicata (n = 3) quanto à:

1. Espessura (ABNT NBR 9429) e Densidade Aparente (ABNT NBR 11506);

2. Capacidade de Absorção de Água (CAA), adaptada do método Cobb (ABNT NBR ISO 535), utilizando amostras de 3 x 3 cm imersas em água destilada nos tempos de 1, 5, 30 e 60 minutos, com remoção do excesso superficial de água com papel absorvente e determinação percentual por variação de massa;

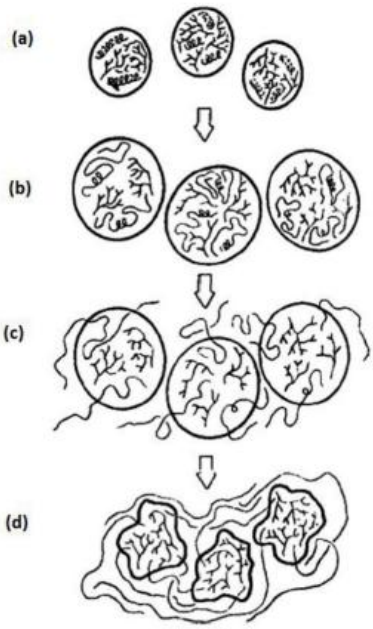
3. Ensaio de desintegração e perda de massa em solo (baseado na diretriz da ABNT NBR 15448-2): corpos de prova (3 x 3 cm, n = 3 por período) foram acondicionados em envelopes de tela mosquiteiro plástica e enterrados a 15 cm de profundidade em vaso contendo 30 kg de solo comercial de jardinagem, mantido em ambiente externo protegido de chuva. A cada 7 dias (até 35 dias), as amostras foram desenterradas, limpas suavemente com pincel de cerdas macias e submetidas a repouso por 24 horas à temperatura ambiente para evaporação da umidade absorvida antes da pesagem em balança analítica.

Figura 1– Estrutura molecular do amido



Fonte: Adaptado de Mattioda (2021).

Figura 2 – Mecanismo do processo de gelatinização do amido.



Fonte: Souza (2011).

Figura 3 – Processo de termoexpansão.

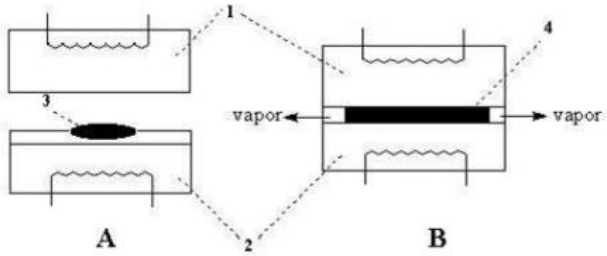


Figura 3 - Processo de termo-expansão: A: abertura do molde; B: fechamento do molde; 1. parte superior do molde aquecida; 2. parte inferior do molde aquecida; 3. massa (suspensão da fécula em água); 4. Formação de uma espuma porosa. Fonte: HOFFMAN et al., 1998 apud CARR, 2007.

Resultados e Discussão

Nas figuras 4 o visual da massa, na figura 5 o molde utilizado na termoexpansão e na figura 6 as placas de espuma de amido obtidas.

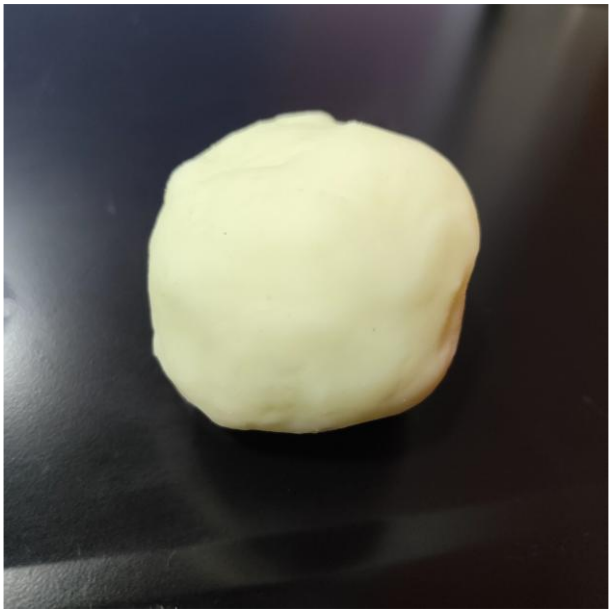
A densidade aparente da formulação controle (A) foi de 0,179 g/cm³, valor cerca de 678% superior ao observado para o XPS comercial (0,023 g/cm³), evidenciando a estrutura mais

densa e compacta das espumas de amido. A adição de borra de café promoveu um aumento progressivo na densidade aparente até a concentração de 5% (Formulação C - 0,225 g/cm³), seguido por um leve decréscimo na formulação D (7% - 0,215 g/cm³).

No ensaio de absorção de água (CAA), as espumas de amido demonstraram alta afinidade hídrica, enquanto o XPS não apresentou absorção. Contudo, a incorporação da borra de café reduziu a absorção de água em relação ao amido puro. Aos 60 minutos de imersão, os valores de absorção variaram entre 258,29% e 576,48%, onde o menor valor correspondeu à formulação B (3% de borra) e o maior valor à formulação controle A (0% de borra). Para a formulação D (7%), observou-se absorção de 378,94%, comportamento que pode estar associado à aglomeração de fibras em teores mais elevados, criando microcanais interfaciais que facilitam a penetração de água.

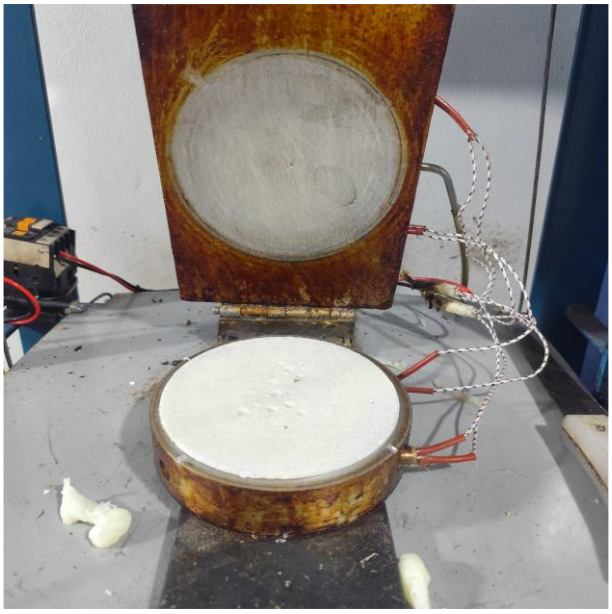
No ensaio em solo, figura 7, observou-se perda de massa gradual ao longo do tempo. Aos 28 dias de ensaio, todas as formulações de amido apresentaram perda de massa superior a 90% (A: 96,62%; B: 93,67%; C: 93,16%; D: 95,48%), atingindo a desintegração visual completa aos 35 dias. O XPS não apresentou variação de massa no período. Ressalta-se que a perda de massa em solo evidencia elevado potencial de degradação e desintegração do material, embora testes respirométricos complementares de evolução de CO_2 sejam necessários para a comprovação formal da biodegradação aeróbia total nos termos da ABNT NBR 15448-2.

Figura 4 – Massa obtida para a formulação de controle (A).



Fonte: Acervo do autor (2026).

Figura 5 – Abertura do molde após produção de amostra.



Fonte: Acervo do autor (2026).

Figura 6 – Amostras prontas.



Fonte: Acervo do autor (2026).

Figura 7 – Amostras sendo enterradas para ensaio de biodegradabilidade.



Fonte: Acervo do autor (2026).

Conclusões

A produção de espumas rígidas biodegradáveis de amido de milho com adição de borra de café via termoexpansão em prensa hidráulica demonstrou viabilidade técnica de processamento. A incorporação do resíduo vegetal contribuiu para a redução da capacidade de absorção de água em relação à matriz de amido puro (atingindo 258,29% aos 60 min na formulação com 3%), atenuando a fragilidade hídrica do material.

O material demonstrou elevado potencial de degradação ambiental, apresentando perda de massa superior a 90% em 28 dias e desintegração completa em solo aos 35 dias. Conclui-se que a espuma desenvolvida apresenta potencial para aplicação em embalagens descartáveis de curta vida útil em ambientes de baixa exposição à umidade. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a realização de ensaios de caracterização mecânica (compressão e flexão) e Análise do Ciclo de Vida (ACV) para avaliar conclusivamente o desempenho estrutural e o perfil ambiental do biocompósito.

Agradecimentos

Ao Professor Me. E.Q. Maurício de Almeida Schmitt do Curso de Engenharia Química da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) pelo suporte acadêmico fornecido para a realização deste estudo.



Referências

CARR, L. G. Desenvolvimento de embalagem biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – USP, São Paulo, 2007;

MATTIODA, G. Estudo das propriedades físico-mecânicas de compósitos à base de amido por termocompressão. 2021. Monografia (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021;

SOUZA, Ana Cristina. Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa à base de fécula de mandioca e agentes antimicrobianos naturais. 2011. Tese (Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011;

STOFFEL, F. Desenvolvimento de espumas à base de amido de mandioca. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – UCS, Caxias do Sul, 2015.