



SUSTENTABILIDADE NOS PROCESSOS DE POLIMERIZAÇÃO DO ÁCIDO FERÚLICO

NATÃ DOUGLAS COUTO PERFEITO ; ANA CAROLINE TEIXEIRA ; (DR)LEONARDO ZBOROWSKI SOBRINHO (ORIENTADOR)

Uniritter

Engenharia química, Campus Zona Sul, leonardo.zborowski@ulife.com.br

Introdução

O texto do pôster deverá ser legível a uma A demanda crescente por materiais poliméricos provenientes de fontes fósseis gerou sérias preocupações ambientais, devido principalmente ao acúmulo de resíduos plásticos em aterros, solos e ambientes aquáticos, resultando em poluição e potencial risco ecológico (BRITO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2021). Os polímeros sintéticos tradicionais apresentam alta resistência à manipulação, o que prolonga seu tempo de permanência no ambiente e dificulta o manejo eficaz de resíduos sólidos urbanos (BRITO et al., 2011,). Dessa forma, alternativas sustentáveis tornaram-se prementes tanto no contexto científico quanto industrial, direcionando esforços para o desenvolvimento de biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros “verdes” (BRITO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2021). Uma alternativa é o uso de monômeros de fonte renovável, incluindo ácido itacônico e, potencialmente, o ácido ferúlico. Uma das vantagens, além da origem, é que esses monômeros possuem grupos funcionais além da dupla ligação C=C, o que permite uma melhor compatibilidade com outros materiais. Entretanto, há poucos estudos relacionados ao uso de ácido ferúlico na polimerização em emulsão. Com isso, esse trabalho teve como objetivo estudar a influência do ácido ferúlico na polimerização em emulsão de metacrilato de metila e acrilato de butila.

Objetivos

Análise do uso do ácido ferúlico na polimerização em emulsão do acrilato de butila e do metacrilato de metila.

Metodologia

Foi feito inicialmente, as bases reacionais foram preparadas separando dois grupos de experimentos de controle. A primeira base consistiu na mistura de 75 g de água destilada, 2 g de lauril éter sulfato de sódio (emulsificante), 0,5 g de persulfato de sódio (PNA, iniciador) e 50 g de metilmetacrilato de metila, todos adicionados a um copo de 150 mL. A segunda base foi composta de 75 g de água destilada, 2 g de lauril éter sulfato de sódio, 0,5 g de persulfato de sódio e 50 g de acrilato de butila, seguindo o mesmo procedimento. As saídas do balão de fundo redondo foram vedadas com rolhas para garantir a integridade do sistema.

Cada mistura foi incluída para o balão de fundo redondo equipado com coluna de condensação e conectado aos canos para circulação de água, transferência o resfriamento dos vapores. Em seguida, os bequeres foram colocados em banho-maria previamente aquecido a 75°C, garantindo que a temperatura da água fosse estabilizada antes da imersão das amostras.

O poderoso foi realizado por barra magnética ("peixinho") e agitador magnético com controle de temperatura, mantendo constante a homogeneidade da mistura durante toda a ocorrência de polimerização. O persulfato de sódio foi adicionado somente após a uniformização da mistura, já no interior do balão, para evitar o início precoce da ocorrência antes que todos os reagentes homogêneos permanecessem.

O tempo total de ocorrência foi de 3 horas para cada experimento, com acompanhamento visual frequente do aspecto das misturas. Ao final do processo, observa-se que ambas as bases apresentaram aparência leitosa e densa, diminuindo a polimerização eficiente. As amostras foram retiradas, identificadas e nomeadas conforme o monômero utilizado: MMA00AF (metilmetacrilato de metila) e BA00AF (acrilato de butila).

A seguir, foram realizados mais quatro experimentos idênticos, diferindo apenas pela adição de ácido ferúlico às bases no béquer, antes da imersão em banho-maria. O ácido ferúlico foi usado em concentrações de 2%, 4% e 8% em massa, referente aos monômeros presentes na mistura inicial. O procedimento de aquecimento, renovação, introdução do iniciador, tempo de ocorrência e retirada das amostras rigorosamente o protocolo inicial das bases de controle os nomes das amostras com acrilato de butila BA02AF, BA04AF, BA08AF e as amostras com metil metacrilato de metila foram nomeadas como MMA02AF, MMA04AF, MMA08AF.

Após o final dos experimentos, todas as amostras foram minúsculas para frascos Erlenmeyer de 250 mL e acondicionadas em geladeira para manter a temperatura controlada até as etapas posteriores de análise.

Durante o desenvolvimento experimental, as amostras contendo acrilato de butila apresentaram instabilidade, manifestando coloração alaranjada e aspecto oleoso. Tais características sugeriram dificuldades na etapa de polimerização, possivelmente associadas à atuação do ácido ferúlico como inibidor radicalar ao interagir com o persulfato de sódio.

Com o objetivo de investigar a causa desse comportamento, foram realizados experimentos adicionais utilizando menores quantidades de monômeros e promovendo a copolimerização entre metilmetacrilato e acrilato de butila. Para cada novo experimento, foram utilizados 10 g de acrilato de butila, 10 g de metilmetacrilato, 0,4 g de lauril éter sulfato de sódio, 30 g de água deionizada e 0,2 g de persulfato de sódio. As concentrações de ácido ferúlico foram ajustadas para 1%, 2% e 5% em relação à massa total de monômeros, sendo mantidas todas as demais etapas e condições dos experimentos anteriores.

Após foi pesado um papel pedaço de papel alumínio e 10 gotas da amostra em um papel alumínio assim podendo fazer o cálculo do teor dos sólidos.

Resultados

A introdução de ácido ferúlico em 2%, 4% e 8% impactaram níveis de polimerização, principalmente nas amostras com acrilato de butila (BA02AF, BA04AF, BA08AF), que apresentaram intensa coloração alaranjada, aspecto oleoso e forte instabilidade como mostra a figura 1. Nos sistemas de metil metacrilato de metila, tais alterações foram mais sutis, mas a coloração se intensificou com o aumento do ácido ferúlico.



Figura 1, aspectos do acrilato de butila com ácido ferúlico

Para investigar a influência do ácido ferúlico na polimerização, foram realizados ensaios com pequenas quantidades de monômeros (10 g de cada), lauril éter sulfato de sódio, água deionizada, persulfato de sódio, e variação de ácido ferúlico (1%, 2%, 4%). Todas as amostras continham coloração alaranjada e aspecto oleoso, intensificando-se com o aumento do aditivo, confirmando seu papel inibidor no sistema. As taxas de conversão dos monômeros estão apresentadas na Tabela 1 para sistemas com metil metacrilato e copolimerização.

tabela 1, taxa de monômeros convertidos em polímeros				
Taxa de ácido ferúlico	0%	2%	4%	8%
Metil metacrilato	87%	85%	57,5%	0,08%
Acrilato de butila	93%	0%	0%	0%
Acrilato de butila e metil metacrilato	90%	2%	0%	0%

Esses resultados confirmam que compostos fenólicos, como o ácido ferúlico, podem atuar como inibidores de radicais na polimerização, dificultando a obtenção de látex em altas concentrações. Dessa forma, é necessário adotar estratégias específicas para sua incorporação em biopolímeros que preservem os grupos funcionais sem comprometer a eficiência da polimerização.

Os resultados das formulações básicas de acrilato de butila e metil metacrilato coincidem com o que é relatado na literatura para polimerizações por emulsão, validando a abordagem para látexes de fontes renováveis. Contudo, o efeito inibidor do ácido ferúlico mostra que ainda há desafios para sua aplicação, exigindo alternativas como proteção do aditivo ou ajuste de dosagem para avanço na produção de biopolímeros funcionais.

As observações deste estudo apontam que, apesar do potencial antioxidante e da funcionalização do ácido ferúlico, seu efeito antirradicalar pode inibir a polimerização de acrilatos e metacrilatos, prejudicando a estabilidade e as propriedades finais dos polímeros.

Conclusões

Conclui-se que a polimerização por emulsão é eficiente para obtenção de látex usando monômeros funcional de fonte renovável a partir de metil metacrilato de metila e acrilato de butila, desde que não contenha ácido ferúlico nas formulações. A presença de ácido ferúlico causou instabilidades, formação de sistemas oleosos e coloração alaranjada, principalmente nas amostras contendo acrilato de butila, confirmando o efeito inibidor desse aditivo sobre a polimerização radicalar e a qualidade dos polímeros.

Experimentos adicionais em condições reduzidas confirmaram que a intensidade desse efeito é proporcional à concentração de ácido ferúlico. Assim, a incorporação de compostos fenólicos em polímeros biodegradáveis requer estratégias específicas, como ajuste de concentração ou proteção funcional, sendo que os resultados apresentados são válidos para os parâmetros e escalas testadas, proporcionando a necessidade de estudos adicionais para generalização e desenvolvimento de materiais avançados.

Bibliografia

ARAÚJO, Bruna Aline et al. A aplicação de polímeros biodegradáveis como uma alternativa sustentável. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento , v. 10, n. 9, 2021.

BARABANDIAN, MJ; LA CAL, JC; ASUA, JM. Emulsion Polymerization, in: ASUA, J. M.. Polymer Reaction Engineering, Ames, Blackwell Publishing. Ames: Blackwell Publishing, Ltd, 2007.

BRITO, GF; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, EM; MALÔ, TJA Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 6, n. 2, pág. 127-139, 2011.

LI, WSJ et al. Ferulic acid-based reactive core-shell latex by seeded emulsion polymerization, Polym. Chem., v. 10, p. 3116–3126, 2019.

LIMA, Isabela Ângeli de. Desenvolvimento, caracterização e avaliação de nanopartículas de PLGA revestidas com quitosana para administração oral de ácido ferúlico. 2017. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2017.

Agradecimentos

Nossos profundos agradecimentos pela orientação do nosso professor Leonardo e pelo apoio das nossas famílias.