RECICLAGEM DO POLIURETANO

Gabriel Melo da Silva Pinto, Henrique de Oliveira Damasceno, Íthalo Marcos Fernandes da Silva, Aline Oliveira Figueiredo

Etec Cônego José Bento, Avenida Nove de Julho, 745, Jardim Pereira do Amparo - 12327-682 - Jacareí -SP, Brasil, gabrielmello.silv4@gmail.com, henrique.damasceno01@aluno.cps.sp.gov.br ithalo.silva01@aluno.cps.sp.gov.br, profalineofigueiredo@gmail.com

RESUMO
O poliuretano é um polímero muito versátil, resistente e durável, utilizado em setores como automobilístico, construção civil, moveleiro, calçadista e médico. Suas diferentes propriedades permitem a fabricação de espumas, adesivos, revestimentos e outros produtos. Apesar de suas vantagens, sua baixa biodegradabilidade torna o descarte um problema ambiental, podendo causar acúmulo de resíduos e contaminação do solo e da água. Por isso, a reciclagem e o reaproveitamento são importantes para reduzir esses impactos. O trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura sobre as características, aplicações e formas de reciclagem do poliuretano. Entre os principais métodos estão a reciclagem mecânica, realizada por trituração e moagem, e a reciclagem química, que utiliza processos como glicólise, hidrólise e pirólise. Conclui-se que o reaproveitamento do poliuretano pode reduzir a geração de resíduos, economizar matérias-primas e contribuir para a sustentabilidade e a economia circular.

Palavras-chaves: Poliuretano. Reciclagem. Reaproveitamento. Resíduos. Impactos ambientais.

Área do Conhecimento: Técnico

INTRODUÇÃO

O poliuretano é uma classe de polímeros extremamente versátil, formado por uma reação entre um poliol e isocianatos. Criado em 1937 pela equipe liderada por Otto Bayer, o material revolucionou as indústrias, devido a suas transformações em espumas flexíveis, rígidas, elastômeros, adesivos e revestimentos com níveis de densidade e dureza. Desta forma é um dos materiais mais utilizados em indústrias automobilísticas, construção civil, confecção de móveis e embalagens. Por conta do seu grande uso e por apresentar elevada resistência e durabilidade, o poliuretano contribui para o aumento de geração de resíduos, tornando essencial o desenvolvimento de métodos eficientes para o seu reaproveitamento.

O descarte inadequado dos poliuretanos pode gerar diversos impactos ambientais para o solo e os seres vivos devido à alta resistência à degradação natural, o que faz com o material ocupe grandes volumes em aterros sanitários por décadas, pois leva centenas de anos para sua decomposição. Com o passar do tempo, o poliuretano exposto ao ambiente se fragmenta, gerando microplásticos que contaminam solos, rios e oceanos, que pode ser prejudicial na cadeia alimentar. Além disso, a queima inadequada provoca a lixiviação e a liberação de compostos químicos altamente tóxicos na atmosfera, como os isocianatos, que poluem os recursos hídricos e ameaçam diretamente a fauna e a flora locais.

A reciclagem desse material tem se tornado um tema cada vez mais relevante, devido ao seu amplo uso, gerando mais toneladas a ser descartado todo ano. Nesse contexto, técnicas de reciclagem mecânica, química e energética surgem como alternativa para reduzir os impactos ambientais e promover a economia circular. O investimento na reciclagem do poliuretano representa uma importante estratégia para preservação ambiental e para o uso mais sustentável dos recursos naturais. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o processo de reciclagem do poliuretano, destacando seu funcionamento e as possibilidades de utilização do material após o reaproveitamento. Para isso, busca-se descrever os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desse

polímero, apresentar as formas corretas de destinação dos resíduos, explicar os principais processos de reciclagem mecânica e química e demonstrar as aplicações do poliuretano reciclado. Dessa forma, pretende-se evidenciar a importância da reciclagem como ferramenta para a redução dos impactos ambientais, para o fortalecimento da economia circular e para o desenvolvimento de práticas industriais mais sustentáveis.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura, com abordagem qualitativa e caráter descritivo, utilizando como base as referências bibliográficas. Foram analisadas livros, artigos científicos, trabalhos acadêmicos e estudos relacionados às características, aplicações, reciclagem e descarte do poliuretano. Inicialmente, foram levantadas informações sobre a composição química e as propriedades do poliuretano, considerando sua formação a partir da relação entre isocianatos e polióis. Posteriormente, foram analisadas as formas de gerenciamento e reciclagem dos resíduos de poliuretano. Sendo consideradas principalmente as técnicas de reciclagem mecânica e química, incluindo processos de trituração, moagem, despolimerização, hidrólise, glicólise e pirólise, conforme apresentado por Ribeiro (2010), Spinacé e De Paoli (2005) e Kemona e Piotrowska (2020).

Também foram observados estudos sobre o reaproveitamento dos resíduos em diferentes aplicações. Entre eles, destaca-se o trabalho de Rosa e Guedes (2003), que aborda o desenvolvimento de processos de reciclagem de resíduos industriais de poliuretano, e o estudo de Modro e Marchi (2009), relacionado ao aproveitamento de resíduos de espuma rígida de poliuretano na construção civil.

Após o levantamento das informações, os dados foram organizados e comparados, buscando relacionar as características do poliuretano às suas possibilidades de reaproveitamento e aos impactos ambientais associados ao descarte inadequado.

RESULTADOS

Apesar de suas inúmeras vantagens, o crescimento da produção e do consumo de poliuretano tem aumentado a geração de resíduos, tornando seu gerenciamento um importante desafio ambiental. Por apresentar baixa biodegradabilidade, o descarte inadequado pode provocar o acúmulo de resíduos em aterros sanitários, além de contribuir para a contaminação do solo, da água e do meio ambiente. Dessa forma, a busca por alternativas sustentáveis para o reaproveitamento desse material tornou-se essencial, principalmente por meio da reciclagem e da implementação de sistemas de economia circular.

Os poliuretanos são classificados em diferentes tipos de acordo com suas propriedades e aplicações. O poliuretano flexível é macio e elástico, sendo utilizado principalmente em colchões, sofás, bancos e estofados. O poliuretano rígido apresenta alta resistência e excelente isolamento térmico, sendo empregado em geladeiras, câmaras frigoríficas, painéis e na construção civil. O poliuretano termoplástico (TPU) combina flexibilidade, resistência e facilidade de processamento, sendo utilizado em calçados, mangueiras, peças automotivas e produtos médicos. Já o poliuretano fundido possui elevada resistência ao desgaste, à abrasão e aos impactos, sendo utilizado em peças industriais. O poliuretano termorrígido apresenta uma estrutura permanente após sua fabricação, sendo resistente ao calor, impactos e desgaste. Por fim, o poliuretano de pele integral possui uma superfície externa resistente e um interior mais leve e flexível, sendo utilizado principalmente em peças automotivas, como volantes, além de calçados e outros produtos.

O poliuretano destaca-se como um dos materiais poliméricos mais versáteis utilizados pela indústria moderna, apresentando diversas vantagens que justificam sua ampla aplicação em diferentes setores.

Entre suas principais características positivas estão a elevada resistência à abrasão, ao impacto e ao desgaste, além da excelente durabilidade e capacidade de isolamento térmico e acústico. O material também pode ser produzido em diferentes níveis de rigidez e flexibilidade, permitindo sua utilização em espumas, revestimentos, adesivos, elastômeros e componentes automotivos. Além disso, sua baixa densidade contribui para a fabricação de produtos mais leves, favorecendo a redução de custos de transporte e o aumento da eficiência energética em diversas aplicações.

Entre as principais formas de reaproveitamento do poliuretano destacam-se a reciclagem mecânica e a reciclagem química. A reciclagem mecânica consiste na trituração, moagem e reprocessamento dos resíduos para obtenção de novos produtos.

Na figura 1 observa-se uma instalação industrial de triagem e compactação de resíduos plásticos, onde fardos prensados são armazenados após o processamento. Há uma esteira inclinada que transporta o material até uma unidade de separação, seguida por equipamentos de compactação que formam blocos densos de resíduos. Esses fardos são compostos por diferentes tipos de plásticos misturados, possivelmente incluindo embalagens flexíveis e rígidas, o que evidencia a complexidade da etapa de separação no processo de reciclagem.

Figura 1: Reciclagem Mecânica



Fonte: Plástico.com.br

Enquanto a reciclagem química utiliza processos como glicólise, hidrólise e pirólise para recuperar matérias-primas que podem ser reutilizadas na fabricação de novos poliuretanos. Essas tecnologias contribuem para reduzir a geração de resíduos e diminuir o consumo.

Figura 2: Pirólise



Fonte: Plástico.com.br

Observando-se a figura 2 que representa um dos estágios da reciclagem química para transformar o plástico através da pirólise, que seria a decomposição térmica de materiais orgânicos por altas temperaturas em atmosfera sem oxigênio. Esse processo quebra ligações químicas, transformando resíduos em produtos úteis como óleo pirolítico, gás sintético e carvão sólido

Além das tecnologias de reciclagem, pesquisas recentes têm impulsionado o desenvolvimento de poliuretanos produzidos a partir de fontes renováveis, como óleos vegetais, bem como materiais inteligentes e aplicações em manufatura aditiva (impressão 3D). Esses avanços reforçam a importância do poliuretano na transição para processos industriais mais sustentáveis e alinhados aos princípios da economia circular.

.

DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que a versatilidade do poliuretano é um dos principais fatores responsáveis por sua ampla utilização industrial Cangemi, Santos e Claro (2009) destacam a diversidade de aplicações deste polímero, enquanto Ribeiro (2010) demonstra que suas propriedades estão diretamente relacionadas às diferentes possibilidades de formulação e processamento.

Apesar das vantagens apresentadas pelo material, o gerenciamento dos resíduos constitui um importante desafio ambiental. Kemona e Piotrowska (2020) destacam a necessidade de métodos adequados de reciclagem e descarte, principalmente devido à dificuldade de degradação do poliuretano. Assim, o reaproveitamento dos resíduos torna-se importante para reduzir o volume destinado aos aterros e diminuir a utilização de novas matérias-primas.

A reciclagem mecânica apresenta-se como uma alternativa relativamente simples para determinados resíduos, principalmente aqueles que podem ser triturados e incorporados em novos materiais. Rosa e Guedes (2003) demonstraram a possibilidade de reciclar resíduos industriais de poliuretano e utilizar os produtos obtidos novamente em processos produtivos. Entretanto, a eficiência desse método depende das características do resíduo e do produto que se deseja obter.

A reciclagem química apresenta uma alternativa importante principalmente para materiais de difícil processamento, como alguns poliuretanos termorrígidos. Ribeiro (2010) aponta diferentes possibilidades de tratamento químico, incluindo hidrólise, glicólise, pirólise e despolimerização. Esses processos podem permitir maior aproveitamento do material, embora apresentem maior complexidade quando comparados aos métodos mecânicos.

Outro ponto importante observado na literatura é a possibilidade de utilização dos resíduos de poliuretano em outras áreas. O estudo de Modro e Marchi (2009), por exemplo, demonstra a utilização de resíduos de espuma rígida na construção civil. Esse tipo de reaproveitamento contribui para reduzir o descarte e permite que um resíduo industrial seja incorporado a uma nova aplicação.

Dessa forma, os estudos analisados indicam que não existe apenas uma solução para o gerenciamento dos resíduos de poliuretano. A escolha do método depende do tipo de material, de suas características e da aplicação desejada. A combinação entre reciclagem mecânica, reciclagem química e reaproveitamento em novos produtos pode contribuir para uma cadeia produtiva mais sustentável, conforme discutido por Kemona e Piotrowska (2020).

CONCLUSÃO

Conclui-se que o poliuretano é um material de grande importância industrial devido à sua versatilidade, resistência, durabilidade e ampla variedade de aplicações. Seus diferentes tipos permitem a produção de materiais com características específicas, tornando possível sua utilização em setores como automobilístico, construção civil, moveleiro, calçadista e médico.

Entretanto, a grande utilização do poliuretano também resulta na geração de resíduos que apresentam dificuldades de descarte devido à sua baixa biodegradabilidade e elevada durabilidade. Dessa forma, o reaproveitamento e a reciclagem tornam-se importantes alternativas para reduzir os impactos ambientais associados ao descarte inadequado.

A partir das referências analisadas, verificou-se que a reciclagem mecânica pode possibilitar o reaproveitamento físico dos resíduos, enquanto a reciclagem química apresenta potencial para transformar o material e recuperar componentes que podem ser utilizados novamente. Portanto, o desenvolvimento e a aplicação de métodos adequados de reciclagem, associados ao reaproveitamento dos resíduos em novos produtos e à economia circular, podem contribuir para diminuir a quantidade de poliuretano descartada e promover uma utilização mais sustentável desse material.

REFERÊNCIAS

ALIMENA, Luiz Alberto Moura. **Estudo comparativo do coeficiente de condutividade térmica de espuma rígida de poliuretano obtida por reciclagem mecânica e química**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009

BARBOSA, Allan Matheus Silva; BEZERRA, Clovis de Medeiros; FELIPE, Maria Gorete; VERÍSSIMO, Silvagner Adolfo. **Aplicações da tecnologia 3D na inovação e desenvolvimento de materiais têxteis**. RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber, v. 1, n. 1, 2025. DOI: 10.51473/rcmos.v1i1.2025.871.

CANGEMI, José Marcelo; SANTOS, A. M. dos; CLARO, N. S. **Poliuretano: de travesseiros a preservativos, um polímero versátil**. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 159-164, 2009.

FIORIO, Rudinei. **Efeitos da incorporação de oligo uretanos de baixa massa molar nas propriedades térmicas, mecânicas e reológicas do poliuretano termoplástico**. 2007.

KEMONA, A.; PIOTROWSKA, M. **Polyurethane Recycling and Disposal: Methods and Prospects.** ***Polymers***, 2020.

MODRO, Neilson Luiz Ribeiro; MARCHI, V. L. **Utilização de resíduos de espuma de poliuretano rígido proveniente de indústria de refrigeração como elemento de enchimento de lajes nervuradas de concreto moldadas *in loco***. *Revista Tecnológica*, Edição Especial ENTECA, 2009
.
OLIVEIRA, Guilherme Franklin de. **Controles ambientais em indústria de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 2010.

PONCIANO, Rita de Cássia Santos; BULHÕES, Érica do Nascimento Lima da Fonseca; LIPKIT, Iasmyn de Souza; PEREIRA, Debora Lopes Emerich; DO Ó, Regina Felipe; IULIANELLI, Gisele Cristina Valle. **Curativos poliméricos à base de poliuretano para tratamento de úlceras neuropáticas: uma revisão bibliográfica**. ARACÊ, v. 7, n. 9, p. e7929, 2025. DOI: 10.56238/arev7n9-067.

RIBEIRO, Elem Cristina Carlos. **Reciclagem química de espumas de poliuretano**. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010

ROCCO, Victor Capodaglio. **Análise de riscos em uma planta industrial de produção de poliuretano: aplicação da metodologia HAZOP**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2025.

ROSA, Derval S.; GUEDES, Cristina G. F. **Desenvolvimento de processo de reciclagem de resíduos industriais de poliuretano e caracterização dos produtos obtidos**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 1, p. 64–71, 2003. DOI: 10.1590/S0104-14282003000100012.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; DE PAOLI, Marco Aurelio**. A tecnologia da reciclagem de polímeros**. *Química Nova*, v. 28, p. 65-72, 2005

Toaldo, Jhoni; Ferrarini, Celso (2013), com o título**: *Analisar a viabilidade técnica e econômica de um novo processo de revestimento em poliuretano para componentes automotivos***, Universidade de Caxias do Sul (UCS), 2013.