



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUARA FERREIRA ALVES

**APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA PARA GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO**

**UBÁ
2018**

LUARA FERREIRA ALVES

**APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA PARA GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Msc. Israel Iasbik

**UBÁ
2018**

APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO

RESUMO

O objetivo desse trabalho é realizar o gerenciamento de resíduos de espuma de poliuretano resultantes do processo de produção das mesmas em forma de caixotes retangulares. Foi analisado, por um período, como era realizado o processo de limpeza dos caixotes e o destino dos resíduos obtidos pela limpeza. O tempo da limpeza e as características do resíduo também foram analisados a fim de garantir que o retorno desse subproduto ao processo trouxesse benefícios à empresa e ao meio ambiente. No período, foi avaliado o valor de densidade obtido após a utilização do resíduo no bloco de aglomerado, para assegurar o cumprimento das normas estabelecidas. Foi feita uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados ao sistema de produção de espuma de poliuretano e aos conceitos de Logística Reversa. O trabalho comprovará a aplicabilidade ecológica da utilização do resíduo como insumo no processo produtivo com qualidade e eficiente em produção limpa, sem poluir o meio ambiente.

Palavras-chave: Logística reversa. Espuma de poliuretano. Gerenciamento de resíduos.

APPLICATION OF REVERSE LOGISTICS FOR THE MANAGEMENT OF POLYURETHANE FOAM WASTE

ABSTRACT

The objective of this work is to perform the management of polyurethane foam residues resulting from the production process of the same in the form of rectangular crates. It was analyzed, for a period, how the process of cleaning the crates and the destination of the residues obtained by cleaning were carried out. Cleaning time and residue characteristics were also analyzed to ensure that the return of this by-product to the process would bring benefits to the company and the environment. In the period, the density value obtained after the use of the residue in the agglomerate block was evaluated, to ensure compliance with established standards. A bibliographical review was made of works related to the polyurethane foam production system and to the concepts of Reverse Logistics. The work will prove the ecological applicability of the use of the waste as input in the productive process with quality and efficient in clean production, without polluting the environment.

Keywords: Reverse logistics. Polyurethane foam. Waste management.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca pela minimização de custos e a competitividade acirrada entre as empresas faz com que haja uma crescente preocupação pela otimização de processos. Deste novo cenário, a logística reversa faz-se presente e necessária. O ganho gerado não se faz apenas no âmbito financeiro com o reaproveitamento de insumos, mas também demonstra bastante eficiência no que diz respeito à redução dos impactos ambientais oriundos do descarte inadequado dos resíduos gerados pela produção e fim do ciclo de vida dos produtos.

A Logística Reversa é o gerenciamento do fluxo de processos da cadeia logística que permite o uso de meios alternativos, possibilitando que bens gerados em processos ou pós-venda retornem a cadeia produtiva, provendo ganhos produtivos, econômicos e socioambientais.

O gerenciamento utilizando os conceitos de Logística Reversa promove, significativamente, a ampliação da imagem da empresa no ambiente empresarial, além de proporcionar uma imagem positiva aos clientes a respeito de uma empresa que busca soluções para seus subprodutos, garantindo novas oportunidades de negócios.

A precariedade da gestão dos resíduos industriais acarreta impactos ambientais ao meio ambiente e a qualidade de vida dos seres humanos. A Logística Reversa permite efetivar e gerenciar cadeia de processos. Permite, ainda, que os subprodutos retornem ao processo, ou seja, descartados de forma devidamente correta. As organizações que adaptam ao sistema logístico eficiente conquistam vantagens competitivas, minimização de custos, ampliação nas questões de caráter, de serviço e de confiabilidade dos consumidores internos e externos.

O objetivo desse trabalho é mostrar uma forma de gerenciamento de resíduos de espuma de poliuretano resultantes do processo de produção de blocos e cilindros de espuma com base na aplicação do conceito de Logística Reversa, no qual, foram usados dados que comprovam a eficiência da metodologia aplicada, resíduos que antes eram descartados retornam ao processo produtivo da empresa. Realizou o acompanhamento do processo de reutilização dos resíduos e ensaios de densidade, em laboratório, para a confirmação de que não houve nenhuma alteração nos parâmetros exigidos pela produção de lâminas de aglomerado. Foi feita uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados ao sistema de produção de espuma de poliuretano e aos conceitos de Logística Reversa. O conceito do processo comprovou a eficiência da redução de resíduos provenientes do processo. Os resultados demonstram ganhos consideráveis no processo de lâminas de aglomerado e melhor aplicação de gestão ambiental relacionado a resíduos de espuma de poliuretano.

2 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho constitui um estudo de caso envolvendo o processo de produção de espumas de poliuretano de uma empresa, do setor de colchoaria, situada na Zona da Mata Mineira.

2.1 Logística

A cada dia, as empresas necessitam de mais vias de distribuições que permitem que seus produtos estejam, devidamente, no lugar certo e no tempo correto, respondendo às exigências dos clientes com o menor custo possível. Para isso, utiliza-se a logística como ferramenta de gestão para tornar as distribuições mais eficientes.

Segundo Laugen e Martins (2003, p. 5), “a logística constitui um conjunto de técnicas de gestão da distribuição e transportes de produtos finais, do transporte e manuseio interno às instalações e do transporte das matérias-primas necessárias ao processo produtivo”.

Para Ballou (2006, p. 27), adaptando o conceito de logística do *Council of Logistics Management* (CLM), a define como: “o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes”.

Para atender essa necessidade imposta pelos clientes, o sistema logístico combina previsão de demanda, controle de insumos, gestão de pedidos, localização de estalagem e armazenagem, reciclagem, distribuição e transporte para um controle de fluxo de forma efetiva como ilustra a FIG 1.

Figura 1 - Atividades logísticas na cadeia de suprimentos imediata da empresa.



Fonte: Ballou, 2006.

Dornier *et al* (2000) ressalta que a definição atual de logística deveria englobar todas as formas de movimentos de produtos e informações, ampliando o escopo de atuação da área, passando a incluir não só fluxos diretos tradicionalmente considerados, mas também os fluxos reversos. Logo, os fluxos de retornos ligados a produtos devolvidos e subprodutos que possam ser reciclados estão envolvidos no processo logístico, nesse caso de forma reversa.

2.2 Logística reversa

Para Leite (2003), a logística reversa é a área da organização que planeja, opera e controla o fluxo de informações logísticas correspondentes do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômicos, ecológicos, legais, logísticos, de imagem corporativa, entre outros.

A logística reversa é responsável por realizar o fluxo inverso dos materiais com controle eficiente de tempos e custos, onde matérias-primas, informações, produtos acabados e em elaboração (ou semiacabados) possam estar presentes na cadeia produtiva de forma responsável, estabelece relações com questões ambientais, sociais e normatização de leis.

Conforme Donato (2008), logística reversa é uma parte do gerenciamento no qual é responsável pelo tratamento do retorno de materiais para cadeia produtiva. Para Amini *apud* Fernandez (2004), a logística reversa seria a gestão das habilidades (comunicação, supervisão

e controle) e atividades relacionadas à redução (gestão e descarte de resíduos) das embalagens ou do produto em si, agregando todas as informações geradas na cadeia produtiva, sejam elas no fluxo tradicional ou no reverso.

A análise da vida útil do produto que consiste em: lançamento, crescimento, maturação e declínio, é fundamental para determinar a atuação da logística reversa, seja ela no pós-consumo ou no pós-venda. Como apresentado por Bowersox e Closs (2001), o objetivo final do projeto de integração é o suporte do ciclo de vida. Poucos itens são vendidos sem alguma garantia de que o produto funcionará conforme o anunciado. Em certas situações o fluxo original de valor agregado até os clientes tem de ser revertido.

O pós-consumo é caracterizado pelos bens de consumo que retornam ao fluxo produtivo quando podem ser reutilizados ou estão em fim de sua vida útil, tendo a possibilidade de serem remanufaturados. O destino de resíduos ambientais também é englobado. O pós-venda caracteriza-se pelos bens de consumo que retornam ao fluxo produtivo quando apresentam problemas de qualidade (defeitos e avarias), problemas de *recall*¹, produtos que apresentam problemas de transporte ou na montagem, necessitando de algum tipo de assistência técnica, produtos que se acumulam no estoque, como destaca Bowersox e Closs (2001), uma capacidade e de logística reversa bem concebida e coordenada é importante quando a empresa precisa fazer o *recall*.

Segundo Damato *et al.*, (2006, p. 178):

Os canais de distribuição reversos dos não vendidos são constituídos pelas diferentes formas e possibilidades de retorno de uma parcela de produtos, formas e possibilidade de retorno de uma parcela, com pouco ou nenhuma uso, que flui no sentido inverso (do consumidor para o varejista ou para fabricante, do varejista para o fabricante; ou mesmo entre as empresas, motivadas por problemas relacionados à qualidade em geral ou processos comerciais entre empresas) retornando ao ciclo de negócios de alguma maneira. Os produtos inclusive podem ir para disposição final.

A logística reversa permite que os produtos possam retornar ao processo produtivo sendo remanufaturados, conforme descreve Damato Neto *et al.*, (2006), a remanufatura é canal reverso no qual os produtos podem ser reaproveitados em suas partes essenciais, mediante a substituição de alguns componentes complementares, reconstituindo-se um produto com a mesma finalidade e natureza original.

Mais uma forma de canal reverso é desmanche, onde “os componentes em condições de uso ou de remanufatura são separados e destinados à remanufatura industrial e daí à comercialização” (DAMATO NETO *et al.*, 2006, p.180).

Existindo produtos que não apresentam possibilidades de retorno a cadeia produtiva, caracteriza a disposição final, que deve atender a exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), consolidada pela Lei nº 12.3305/10¹, a qual permite que a gestão integrada e a disposição desses produtos, em fim de ciclo de vida, seja realizada de modo menos impactante ao meio ambiente.

Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (PNRS, 2010).

Segundo a PNRS (2010), Cap. II, Art.3º, alínea XVI:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (PNRS, 2010).

Existem inúmeras denominações destinadas aos resíduos sólidos referentes à composição, natureza e origens. Para Besen e Jacobi (2006), a gestão dos vários tipos de resíduos tem responsabilidades definidas em legislações específicas e implica sistemas diferenciados de coleta, tratamento e disposição final. Para PNRS (2010), Cap. II, Art. 30:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos

¹ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.

serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante às atribuições e procedimentos previstos nesta Seção. (PNRS, 2010).

Mesmo diante de enormes pressões do mercado consumidor e nível de exigências elevadas aos padrões de produtos, relacionando variedade e qualidade, é fundamental que não só as empresas demonstrem preocupação em relação ao ciclo de vida dos produtos para conseguir minimizar os impactos ambientais possíveis ao término do ciclo de vida. Prevê na PNRS (2010), Cap. II, Art.30:

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

- I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

O mercado atual é repleto por produtos que devem atender as necessidades e desejos dos consumidores com enorme propensão à mudança, caracterizando um ciclo de vida cada vez menor. Segundo Damato Neto *et al.*, (2006), a tendência à descartabilidade acentua-se como uma realidade nos dias atuais, aumentando a importância da logística reversa.

2.3 A importância da logística reversa

Atualmente, as empresas optam pela utilização da logística reversa a fim de atender as necessidades econômicas, ecológicas e legislativas. Para Damato Neto *et al.*, (2006), partindo de uma simples área operacional, é considerada como uma área de estratégia empresarial, uma vez que, tornou-se uma potente ferramenta estratégica de competitividade.

Os aspectos econômicos referem-se à utilização de insumos com maior aproveitamento de subprodutos que possam retornar ao processo, provendo diminuição de custos e potencializando o produto final no mercado, agregando valor e qualidade. Ballou

(2006) afirma que “a estratégia logística normalmente se desenvolve em torno de três objetivos principais: redução de custos, redução de capital e melhoria de serviços”.

Os ecológicos evidenciam a preocupação das empresas com os impactos gerados ao meio ambiente através da crescente demanda em relação aos dos processos produtivos que, conseqüentemente, produzem resíduos e se não forem remanejados ou descartados corretamente, podem acarretar conseqüências nocivas ao ambiente como contaminação de leitos e solo, bem como repercutir na imagem da empresa perante os consumidores. Como afirmam Bellini e Mucelin (2008), o volume de resíduos sólidos aumenta gradativamente conforme o processo de urbanização e industrialização das cidades.

De acordo com Milanez e Teixeira (2001, p. 9):

A gestão do sistema dos resíduos sólidos urbanos deve considerar todas as etapas, desde a geração até a disposição, uma vez que decisões tomadas quanto ao um elemento tem influências sobre todos os demais. Este sistema, como um todo, apresenta grande relação com a questão da sustentabilidade, pois, entre outros aspectos, concentra grande quantidade de recursos naturais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos institui medidas, adequações e cumprimento relacionados a todos os resíduos sólidos gerados. Legisla na PNRS (2010), Cap. II:

Artigo 3º. Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

- I - acordo setorial: ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto;
- II - área contaminada: local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos;
- III - área órfã contaminada: área contaminada cujos responsáveis pela disposição não sejam identificáveis ou individualizáveis;
- IV - ciclo de vida do produto: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final;
- V - coleta seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição;
- VI - controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos;
- VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

IX - geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coletas, transportes, transbordos, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIII - padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras;

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;

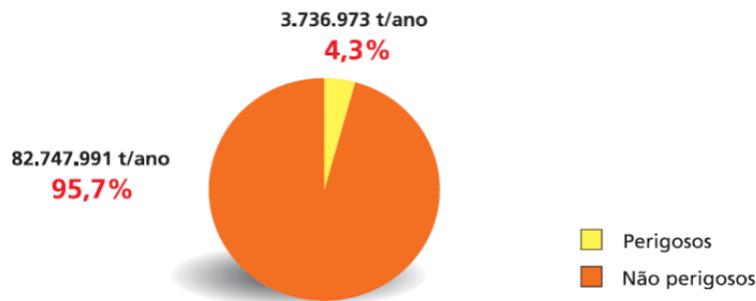
XVIII - reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

Torna-se essencial a destinação correta dos resíduos devido à crescente demanda que a população impõe ao mercado. Segundo Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016)²:

A geração de resíduos se mantém em patamares elevados, a reciclagem ainda patina, a logística reversa não mostrou a que veio e o país tem mais de três mil municípios com destinação inadequada, apesar da proibição existente desde 1981 e do prazo estabelecido pela PNRS ter-se encerrado em 2014, sem ter havido prorrogação, como alguns têm se manifestado.

Segundo o ABRELPE (2007), 95,7% dos resíduos industriais são classificados como não perigosos e 4,3% como perigosos conforme ilustração da FIG.2.

Figura 2 – Resíduos Sólidos Industriais.



Fonte: ABRELPE, 2007.

A TAB. 1 quantifica em toneladas, por ano, os resíduos sólidos industriais em alguns estados brasileiros.

Tabela 1 – Resíduos Sólidos industriais.

Unidade Federativa	Resíduos perigosos (t/ano)	Resíduos não perigosos (t/ano)	Total (t/ano)
AC*	5.500	112.765	118.265
AP*	14.341	73.211	87.552
CE*	115.238	393.831	509.069

(continua)

² ABRELPE, 2016. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>> Acesso 20/11/2017.

Unidade Federativa	(conclusão)		
	Resíduos perigosos (t/ano)	Resíduos não perigosos (t/ano)	Total (t/ano)
GO*	1.044.947	12.657.236	13.702.273
MT*	46.298	3.448.856	3.495.154
MG*	828.183	14.337.011	15.165.194
PB*	657	6.128.750	6.129.407
PE*	81.183	7.267.930	7.349.513
PR**	634.543	15.106.393	15.740.936
RN*	3.363	1.543.450	1.546.813
RS*	182.170	946.900	1.129.70
RJ**	293.953	5.768.562	6.062.515
SP**	535.615	26.084.062	26.619.677
Total	3.786.391	93.869.046	97.655.438

*Inventários Estaduais de Resíduos Sólidos Industriais

**Panorama das Estimativas da Geração de Resíduos Industriais – ABETRE/FGV

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2011. Adaptado pela autora.

2.4 Resíduos Químicos

Os poliuretanos (PU's) foram, primeiramente, pesquisados e produzidos pelo Dr. Otto Bayer em 1937 (HOWARD, 2002; VILAR, 2002), mas a química da uretana data de 1849, quando reações envolvendo um isocianato com um composto hidroxilado foram divulgadas por Hoffmann e Wurtz (PROPENASA, 2014). Poliuretanos são copolímeros produzidos pela reação de um polioliol ($-OH$) e um isocianato ($-N=C=O$) di ou multifuncional que, na presença de catalisadores adequados e aditivos, formam a ligação característica desta classe de materiais, a uretânica ($-NHCOO-$) (BILBAO, 1996; BILLMEYER JR., 1971; DEMHARTER, 1997; ANDRÉSEN *et al.*, 2002). Segundo Química e Derivados (2008), no Brasil, a produção anual de poliuretanos é de aproximadamente 335 mil toneladas. Nos anos seguintes, a produção deverá aumentar para 441 mil toneladas. O poliuretano, utilizado como matéria-prima nas indústrias de colchões, móveis, veículos, construção civil e refrigeração, deixa uma grande quantidade de resíduos – ao redor de 2,5 mil toneladas/mês em todo País.

2.4.1 Espumas de Poliuretano

As espumas de poliuretano (EPU's) podem ser definidas como uma classe de polímeros, onde a dispersão de um gás durante o processo de polimerização dá origem à formação de pequenos bulbos ou células, interligadas em uma estrutura tridimensional. (PUC

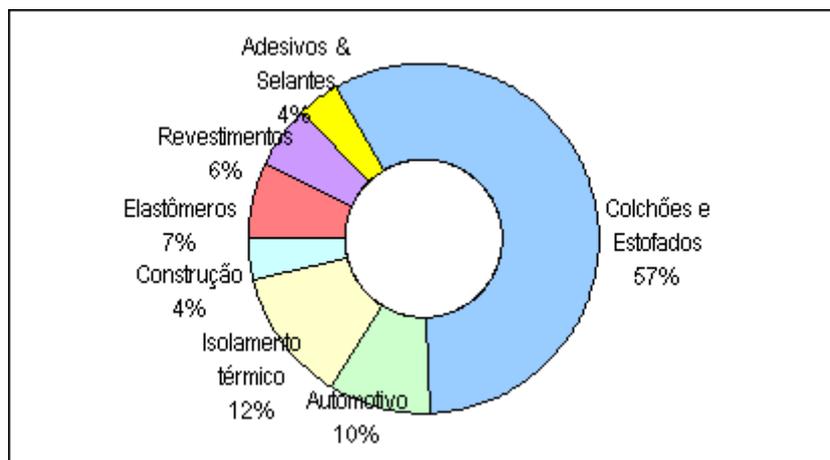
– Rio, 2003). A TAB. 2 demonstra a aplicação de PU's no mercado mundial e a FIG. 3 refere-se ao consumo de PU por segmento na América Latina.

Tabela 2 - Consumo mundial de polióis, isocianatos e aditivos (1.000 t).

Produto / Aplicação	2001	2010
Colchões & Estofados	32	26
Calçados	6	6
Elastômeros & RIM	6	7
Espumas Moldadas	15	17
Revestimentos, Adesivos & Selantes	18	19
Construção	17	24
Equipamentos (isolamento térmico)	6	5

Fonte: VILAR, 2004.

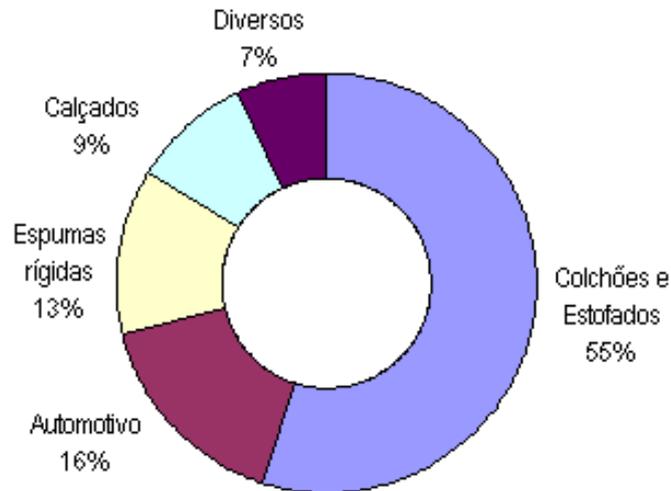
Figura 3 - Consumo de PU por segmento na América Latina.



Fonte: VILAR, 2011

Segundo Vilar (1999), no Brasil, as primeiras fábricas de espumas flexíveis foram instaladas na região sudeste, entre 1961 e 1965, foram montadas com equipamentos trazidos da Europa e também dependiam de matéria-prima importada. As espumas flexíveis de poliuretana amplamente utilizadas em colchões, estofados e assentos automotivos correspondem 48% do mercado das poliuretanas, trazendo novas oportunidades e novos desafios para os produtores, bem como novas tecnologias (PINTO, 2011). A FIG. 4 demonstra o Consumo de PU por segmento no Brasil, o que reflete diretamente na necessidade de mercado.

Figura 4 - Consumo de PU por segmento no Brasil.



Fonte: VILAR, 2004

2.4.1.1. Processo de produção de espumas flexíveis

Conforme Vilar (1999), no processo utilizado para a obtenção das espumas flexíveis de poliuretano pode ser realizado por dois procedimentos: blocos ou moldadas. Todavia, com maior representatividade, os blocos são produzidos em processo contínuo ou em caixotes. Para Vilar (1999), o processo descontínuo de espumas permite a produção de diversos tipos da mesma e o crescimento desta é realizado em caixote que pode ser tanto de madeira como metal. Segundo Vilar (2009), existem vantagens e desvantagens no processo de fabricação de espumas flexíveis em bloco indicadas pela TAB. 3.

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens dos processos de fabricação de espumas flexíveis em bloco.

Processo	Vantagem	Desvantagem
Descontínuo (caixote)	Baixo custo de capital; produção de pequenas quantidades de diferentes espumas; fábricas pequenas com mão-de-obra pouco especializada; fabricação de blocos retangulares e cilíndricos.	Capacidade de produção limitada; perdas grandes devido à pele grossa; estrutura celular de menor qualidade; variação das propriedades físicas ao longo do bloco; menor repetibilidade.

(continua)

(conclusão)

Processo	Vantagem	Desvantagem
Contínuo convencional	Espumas de alta qualidade, sem buracos e com boa uniformidade de propriedades físicas; produção anual acima de 1000 t/a; fabricação de espumas de poliéster, poliéster, HR, etc.; menores perdas e maior repetibilidade da espuma em relação ao processo em batelada (caixote); diversos tipos de espuma podem ser feitos sem interrupção do processo.	Alto custo de capital; instalações amplas e mão de obra especializada; espuma com topo abaulado no processo com filme lateral; são necessárias corridas longas para minimizar as perdas com paradas e mudanças de formulação.

Fonte: VILAR, 2009. Adaptado pela autora.

2.4.1.2 Matérias-primas

No processo de produção das espumas flexíveis de poliuretano utilizam-se diferentes matérias-primas, tais como: polióis, isocianatos, água, catalisadores, surfactantes, agentes de expansão, retardantes de chama, pigmentos, cargas, entre outros (VILAR, 2011).

Para produzir a espuma são necessárias basicamente duas reações principais e duas secundárias. As reações principais são as do diisocianato com o polioliol, para formar uma uretana, e a do diisocianato com a água, para formar uréia e liberar dióxido de carbono, para que se possa expandir a espuma (SILVA, 2000).

É necessário que para a produção da espuma o pré-polímero formado inicialmente contenha grupos hidroxilas terminais com peso molecular entre 1000 e 2000 (ALLINGER *et al.*, 1976).

2.5 Propriedades físicas das espumas flexíveis de poliuretano

As espumas flexíveis são utilizadas em diversas aplicações, e, dependendo da aplicação final, elas devem obedecer às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), portanto, proporcionar diferentes propriedades físicas (SILVA, 2000).

Para Júnior (2010), as propriedades físicas referem-se a qualquer modificação estrutural em nível molecular dos materiais. Segundo Tecnologia de Materiais (2011),

ocorrendo modificações na formulação ou ajustes no modo de preparação das espumas, conseqüentemente, haverá mudanças nas propriedades físicas das mesmas. Os testes mais utilizados são: densidade; resiliência; tensão de ruptura e alongamento; resistência ao rasgo; passagem de ar; deformação permanente à compressão e fadiga dinâmica (SILVA, 2000).

2.5.1 Densidade da Espuma

Segundo Mannes (2011), a densidade é a relação entre massa e volume, no qual a medida identifica a quantidade de espuma por m³, determinada a partir de um corpo de prova. Na espuma produzida em caixote se tem uma variação de 4 a 10% de diferença do mesmo bloco devido à altura do mesmo. Já quando a espuma produzida pelo processo contínuo a densidade pode variar de 2 a 5% ao longo do mesmo (SILVA, 2000).

Segundo o Art. 19 do Inmetro, Portaria n.º 349, de 09 de julho de 2015 (p.6):

Estabelecer que no ensaio de densidade, a lâmina de aglomerado de espuma de densidade nominal "D≥65" é considerada conforme se possuir densidade real maior ou igual a 65 kg/m³. Nos casos em que o fornecedor optar por declarar na etiqueta do produto exatamente a densidade real da lâmina de aglomerado, ao invés do termo "D≥65", esta deve atender a uma tolerância de ± 10%, desde que não seja inferior a 65,0 kg/m³.

Conforme Silva (2000), a densidade do bloco na parte inferior é bem mais alta que na parte superior, torna-se aconselhável a retirada de três ou mais corpos de provas do meio do bloco nas dimensões iguais ou superiores a 0,10 x 0,10 x 0,10cm.

2.5.2 Resiliência

Para Abiquim (2011), o teste de resiliência consiste na queda de uma esfera de aço sobre a espuma, com a finalidade de analisar a sua elasticidade e resistência. Segundo Vilar (1999), resiliência determina-se pela quantidade de energia devolvida após a deformação.

2.5.3 Deformação Permanente por compressão

O teste consiste na compressão de uma amostra de espuma de dimensão padrão a 50, 75 e 90% do seu tamanho original, por 22 horas à 70°C, determinando-se seu efeito na espessura. Em seguida, o material é descomprimido, deixado por um determinado tempo a 23°C e, então, sua espessura é determinada.

A diferença de espessura da espuma inicial e a taxa de compressão são expressas pela percentagem de perda na espessura (VILAR, 1999). Ainda segundo Vilar (1999), o dispositivo de compressão é feito de duas placas metálicas rígidas e planas, equipado de um sistema espaçador que permite manter as placas paralelas às distâncias previamente estabelecidas.

2.5.4 Fadiga Dinâmica

A fadiga dinâmica pode ser definida a partir da perda de espessura da espuma após sucessivas compressões (TOYOSHIMA, 2011). A carga máxima atingida durante cada ciclo deve obedecer aos limites especificados. Após esta determinação chega-se ao resultado das perdas absoluta e percentuais de espessura e dureza (SILVA, 2000).

2.6 Estudo de Caso

A indústria “X” do setor de colchoaria, situada na zona da mata mineira, produz colchões de espumas e molejos. Uns dos processos de transformações realizados é o processo de produção espumas de poliuretano.

O processo de espuma de poliuretano na forma retangular, utilizando caixotes para determinar a forma da espuma, é o processo realizado na indústria “X”. Nesse processo os reagentes (Poliol, TDI, Copolímero e Cloreto de Metileno) chegam à indústria em tambores ou tanques, após estocagem dos reagentes e contabilizados, necessitam de um período para se estabilizarem, porque a agitação do transporte até a indústria pode resultar em agitação das moléculas dos reagentes. Após esse período os reagentes passam por um sistema hidráulico e são bombeados separadamente para balanças distintas, onde reagentes de menor peso são destinados para balanças de precisão.

Após a pesagem de todos os reagentes, estes são descarregados em um misturador que possui compartimentos de tamanhos distintos, no maior é depositado o polioliol e copolímero,

no compartimento menor TDI e cloreto de metileno. Inicia-se a primeira mistura (poliol e copolímero) faz-se uma pausa para acrescentar água, silicone, amina e corante, iniciando uma nova mistura. Realiza-se novamente uma pausa para acrescentar o estanho, misturando todos os reagentes. Em seguida, o compartimento menor é aberto e todos os reagentes se misturam em alta velocidade por um curto período de tempo. Posteriormente, a mistura, que se encontra em um estado pastoso, é despejada em reator no formato de um caixote, que é tampado imediatamente para garantir que a superfície superior fique uniforme, essa etapa possui a duração média de 10 segundos, até iniciar o processo de crescimento, que consiste na expansão da mistura até a altura determinada. Espera-se que o bloco atinja a altura de 50 cm, para os blocos D33 e D45, ou 70 cm para as demais densidades (D14, D18, D23, D28). A etapa posterior à expansão é o respiro, onde o ar que se localiza no interior da espuma é expelido de forma natural e resulta na diminuição de até 10% da altura total do bloco de espuma. Ao alcançar a altura desejada o bloco de espuma fica em repouso por alguns minutos para se solidificar. Retira-se o bloco de espuma do caixote e realiza-se a identificação do bloco, posiciona-o, com auxílio da empilhadeira, nas prateleiras para o processo de cura, que tem duração em torno de 24 horas, o bloco deve permanecer em repouso para posteriormente ser laminado (processo no qual são retiradas lâminas de espumas de diversos tamanhos para atender a demanda da empresa). Nas paredes do caixote, após a retirada do bloco, fixava-se um subproduto da produção de espumas que eram descartados ao longo do processo, como os resíduos. Estes resíduos eram coletados por uma empresa especializada, no qual cobrava um valor determinado por quilograma (kg).

Buscou-se retornar com esse resíduo para o processo produtivo sendo insumo de bloco aglomerado. O bloco aglomerado é a utilização de flocos de espumas que são prensados a fim de compactar e formar um bloco sólido, posteriormente laminados e usados como mantas em colchões de molejos.

2.6.1 Identificação dos problemas do processo

A TAB. 4 registra o número de limpezas das paredes realizadas no caixote após a produção de blocos retangulares de espuma, paralelamente ao número de produção de blocos por dia. A data representa o dia no qual é realizada a produção do bloco de espuma, o lote é o código que identifica a produção realizada, a densidade especifica a densidade do bloco a ser produzido, a quantidade produzida representa o número de blocos produzidos por lote, quantidade de limpeza refere-se ao número de limpezas dos resíduos que ficam alojados nas

paredes do caixote após a produção do bloco. Responsável representa o colaborador que realiza a limpeza do caixote.

Tabela 4 – Coleta de produtividade de blocos x limpeza do caixote de produção de blocos.

CONTROLE DE LIMPEZA DE CAIXOTE RETANGULAR - PRODESPRM1005					
DATA	LOTE	DENSIDADE	QUANT. PRODUZIDA	QUANT. LIMPEZA	RESPONSÁVEL
06/11/2017	1711061401	D14	1	0	Auxiliar de Espumação 2
06/11/2017	1711062301	D23	1	0	Auxiliar de Espumação 2
06/11/2017	1711063301	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
06/11/2017	1711063302	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
06/11/2017	1711064501	D45	1	1	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711081401	D14	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711081402	D14	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711082301	D23	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711082801	D28	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711083301	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711083302	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1711084501	D45	1	1	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711101401	D14	1	0	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711102301	D23	1	0	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711102801	D28	1	0	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711103301	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711103302	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1711104501	D45	1	1	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711131401	D14	1	0	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711132301	D23	1	0	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711132801	D28	1	0	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711133301	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711133302	D33	1	0	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1711134501	D45	1	1	Auxiliar de Espumação 2
	Total		24	4	-

Fonte: A autora, 2018.

De acordo com os dados coletados, na TAB. 4, estes são resumidos conforme mostrado na TAB. 5, a seguir.

Tabela 5 – Resumo da quantidade limpeza do caixote de produção de bloco de espuma.

DATA	QUANT. PRODUZIDA	QUANT. LIMPEZA	RESPONSÁVEL
06/11/2017	5	1	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	7	1	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	6	1	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	6	1	Auxiliar de Espumação 2
Total	24	4	-

Fonte: A autora, 2018.

Identificou-se que a limpeza do caixote só era realizada após a produção de todos os blocos diários, com isso, o resíduo depositado na parede a cada produção de bloco de espuma torna-se muito rígido e pesado, demonstrado pela FIG. 5, impedindo a reutilização em qualquer outro processo.

Figura 5 - Resíduo oriundo do processo de produção de bloco de espuma.



Fonte: A autora, 2018.

Verificou-se também, como demonstra a Figura 6, que os resíduos oriundos da limpeza não possuíam lugar apropriado para depósito e eram alojados próximo ao caixote de forma desorganizada.

Figura 6 – Armazenamento dos resíduos da produção dos blocos de espuma.



Fonte: A autora, 2018.

2.7 Implantação da Logística Reversa

Diante dos problemas observados no controle do processo de resíduos dos blocos de espumas de poliuretano, e baseado nos conceitos de logística reversa, identificou-se a possibilidade de gerenciamentos dos resíduos. Destacando que, para obtenção de melhoria, necessita-se da colaboração dos colaboradores, dos encarregados e do PCP.

O tempo de cada limpeza do reator em forma de caixote e o peso em quilogramas (kg) resultante do resíduo é representado pela TAB. 6. Essa limpeza era realizada por um colaborador do setor, enquanto o outro realizava o lançamento dos dados coletados a respeito da produção de espuma de poliuretano em um sistema de controle interno da empresa.

Tabela 6 – Limpeza do Reator (caixote) em horas e peso (kg) de resíduo, realizado por um colaborador.

DATA	QUANT. LIMPEZA	TEMPO (H)	PESO (KG)	RESPONSÁVEL
06/11/2017	1	0,71	6,30	Auxiliar de Espumação 2
08/11/2017	1	0,87	7,42	Auxiliar de Espumação 2
10/11/2017	1	0,74	5,90	Auxiliar de Espumação 2
13/11/2017	1	0,79	7,65	Auxiliar de Espumação 2
Total	4	3,11	27,27	-

Fonte: A autora, 2018.

Visto que a realização do lançamento dos dados coletados após a produção de espuma, segundo o procedimento operacional padrão (POP) da empresa, deveria ser realizado pelo colaborador responsável pelo laboratório. Logo, estabeleceu a realização de duas limpezas, por dia, no reator em forma de caixote, uma limpeza após a produção do último bloco no período da manhã e outra após a última produção de bloco no período da tarde, onde dois colaboradores realizam a limpeza, pois, de forma conjunta, obteve um resíduo maleável e mais leve, que pode facilmente ser processado em flocos. A TAB. 7 refere-se ao tempo em horas (h) e o peso em quilogramas (Kg) de resíduo resultante da limpeza após dois ciclos de produção de blocos.

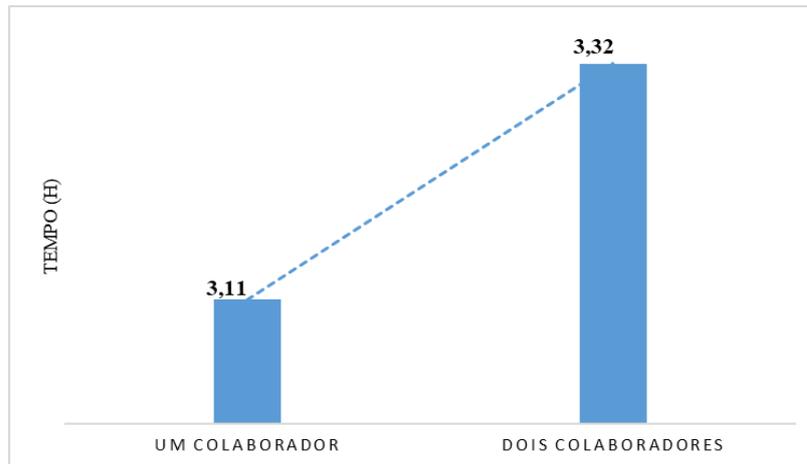
Tabela 7 – Limpeza do Reator (caixote) em horas e peso (kg) de resíduo, realizado por dois colaboradores.

DATA	QUANT. LIMPEZA	TEMPO (H)	PESO (KG)	RESPONSÁVEL
15/01/2018	2	0,82	5,60	Auxiliar de Espumação 1 e 2
17/01/2018	2	0,84	7,38	Auxiliar de Espumação 1 e 2
18/01/2018	2	0,79	6,32	Auxiliar de Espumação 1 e 2
22/01/2018	2	0,87	7,44	Auxiliar de Espumação 1 e 2
Total	8	3,32	26,74	-

Fonte: A autora, 2018.

Utilizando o comparativo entre o tempo de limpeza com um colaborador e com dois, observa-se, no gráfico 1, que houve aumento no tempo de limpeza de 6,8%, todavia realizava-se apenas uma limpeza e passou-se a realizar duas, possibilitando retornar com o resíduo, que a empresa pagava para ser descartado, ao processo produtivo em forma de insumo.

Gráfico 1 – Tempo (h) de limpeza do reator em forma de caixote.



Fonte: A autora, 2018.

Realizou-se teste para identificar se era possível a utilização desse resíduo na produção do bloco de aglomerado. O ensaio de densidade, a lâmina de aglomerado de espuma de densidade nominal " $D \geq 65$ " é considerada se possuir densidade real maior ou igual a 65 kg/m^3 . Esta deve atender a uma tolerância de $\pm 10\%$, desde que não seja inferior a $65,0 \text{ kg/m}^3$.

Os testes realizados foram ensaiados no laboratório da empresa, utilizando a proporção de 12,5 Kg de resíduo coletado das paredes dos caixotes para produção de um bloco de aglomerado de dimensão de $4,41 \text{ m}^3$. Os corpos de provas foram submetidos ao teste de densidade conforme pré-determinados. As amostras de análise são demonstradas pela FIG. 7.

Figura 7 – Amostra de bloco aglomerado.



Fonte: A autora, 2018.

A FIG. 8 ilustra a coleta de massa dos corpos de provas a partir de uma balança de precisão para obtenção do valor da densidade.

Figura 8 – Massa do corpo de prova



Fonte: A autora, 2018.

A FIG. 9 ilustra a coleta das dimensões dos corpos de provas utilizando um paquímetro eletrônico.

Figura 9 – Volume do corpo de prova.



Fonte: A autora, 2018.

A FIG. 10 demonstra os resultados obtidos com as coletas da massa e do volume dos corpos de provas, percebe-se que a densidade obtida é $> 65,0 \text{ kg/m}^3$, comprovando que a utilização do resíduo de espuma de poliuretano, retirado das paredes do reator em forma de caixote, pode ser utilizada na fabricação de bloco aglomerado.

Figura 10 – Densidade do Bloco Aglomerado.

Temperatura Ambiente (°C)=	20,5	Data:	29/1/18				
Umidade Relativa (%) =	76	Data / Fabri.:	26/1/18				
Altura do Bloco (CM) =	45						
Medida de Densidade							
Amostra	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Volume (cm3)	Volume médio	Massa (g)	Densidade (Kg/m3)
1	47,42	99,85	101,44	480,31	481,32	41,53	86,28
	47,21	99,96	102,21	482,34			
2	46,34	97,80	101,69	460,86	459,67	38,72	84,23
	46,36	97,28	101,66	458,48			
3	47,54	100,64	101,10	483,71	481,21	39,90	82,92
	47,28	100,22	101,03	478,72			
						Média=	84,48
						Esperado=	>65

Fonte: A autora, 2018.

Houve adesão por parte da empresa a respeito da sugestão proposta a partir da utilização do resíduo de espuma para fabricação de um bloco de aglomerado, logo que foi comprovado que o bloco constituído do mesmo respeita os padrões normativos de densidade e permite que um produto, anteriormente descartado do processo produtivo, retorne trazendo benefícios monetários para empresa, pois a cada cinco blocos de aglomerado tornou-se possível o ganho de um, além de não necessitar contratar uma empresa para realizar a coleta do resíduo. Todavia, a empresa optou por esperar os testes laboratoriais da empresa certificadora para garantir a total certeza da utilização do resíduo, que ocorrerão no início do ano de 2019.

3 CONCLUSÃO

A utilização dos resíduos de espumas de poliuretano na produção de blocos de aglomerados demonstrou ser viável e possuir valor de densidade aceitável. A partir dos corpos de prova analisados, a média de densidade obtida foi de 85 Kg/m³, possibilitando que os resíduos pudessem ser utilizados na composição do bloco aglomerado, atendendo a norma vigente que a empresa está submetida.

A reutilização permite que o descarte do resíduo fosse eliminado, sem necessidade de uma empresa terceirizada para realizá-lo, por se tratar de um resíduo químico, garantindo a possibilidade de redução do nível de poluição do ambiente.

Garantiu-se que um subproduto retorna como insumo para outro processo produtivo, respeitando as características anteriores do produto final e buscando sempre mantê-las inalteradas.

Mesmo o processo de limpeza dos resíduos ter a necessidade de realizar-se em um número maior de vezes, comparado com anteriormente, existem vantagens produtivas, econômicas e socioambientais, que tornam viável o processo de reaproveitamento dos resíduos. Portanto, o trabalho demonstra que caminhos reversos estabelecidos dentro dos processos produtivos provêm de forma efetiva de gestão ambiental, baseados nos fundamentos da Logística Reversa. Os resíduos de espuma de poliuretano, resultados dos processos, significam um bem em potencial dentro do meio produtivo agregando valor ao produto final e à empresa, que ganha imagem de empresa socioambiental diante do mercado atual.

REFERÊNCIAS

ABEPRE. – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. p.64 São Paulo. 2007.

ABEPRE. – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. p.64 São Paulo. 2016.

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química. **Poliuretano**. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/poliuretanos/aplicacoes.asp>>. Acesso em 18 ago. de 2018.

ALLINGER, N. L. *et al.* **Química orgânica**. 2. ed. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A, 1976.

ANDRÉSEN, J. M. *et al.* Thermal degradation behavior of rigid polyurethane foams prepared with different fire retardant concentrations and blowing agents. **Polymer**, v. 43, p. 6471 – 6479, 2002.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

BELLINI, M.; MUCELIN, C. A. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 20, p. 111-124, jun. 2008.

BESEN, G. R.; JACOBI, P. R. Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo - avanços e desafios. **São Paulo em perspectiva**, São Paulo, v.20, n.2, 2006.

BILBAO, F. Kinetics of the thermal decomposition of polyurethane foams in nitrogen and air atmospheres. **Journal of Analytical and Applied Pyrolyses**, v. 37, p. 69 – 82, 1996.

BILLMEYER JR., F. W. **Thermosetting Resins**. In: Textbook of Polymer Science. 2. ed., John Wiley & Sons, Inc., 1971. Cap. 16, p. 468 - 485.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Brasília. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2018.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos: **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 ago. 2018.

DAMATO NETO, J. *et al.* **Sustentabilidade empresarial e mercado verde**. 1.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016, p. 378.

DEMHARTER, A. Polyurethane rigid foam, a proven thermal insulating material for applications between +130°C and -196°C. **Cryogenics**, v. 38, p. 113 - 117, 1997.

DONATO V. **Logística verde**: uma abordagem socioambiental, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

DORNIER, P.P. *et al.* **Logística e operações globais**: texto e casos. São Paulo: Atlas; 2000.

FERNANDEZ, A.D. *et al.* **Logística inversa y médio ambiente**. Espanha: Mc Graw Hill, 2004.

JUNIOR, Juvêncio Bezerra Loiola. **Desenvolvimento de um adesivo polimérico condutor de eletricidade**. 2010. 84p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas – Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Itajubá, 2010.

HOWARD, G. P. Biodegradation of polyurethane: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 49, p. 245 – 252, 2002.

LEITE, P. R. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

MANNES. **Qualidade**. Disponível em: <
<http://www.mannes.com.br/pt/empresa/qualidade.php>> Acesso em 18 ago. de 2018.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B. A. N. **Contextualização de princípios de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 11, João Pessoa, 2001.

PINTO, Plínio César de Carvalho. **Uso do esteatito como componente de espumas de poliuretano flexível**. 2011. 104p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química - Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PROPENASA – PRODUTOS QUIMICOS NACIONAIS S.A. **Boletim técnico da uretana**: Química. Propriedades e Aplicações, 2014.

PUC. **Espumas de poliuretano e aplicações na química de separação**.p.20 2003.

SILVA, Celso da. **Produção de espumas flexíveis de poliuretano e suas reações químicas**. 2000. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Norte do Paraná, Paraná, Araçongas, 2000.

TECNOLOGIA DE MATERIAIS. **Painel espumas flexíveis – aplicações moveleiras e industriais**. Disponível em: <
http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2010/mala_painel_espumas/feira_painel_espumas_temas.html>. Acesso em: 18 ago de 2018.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**.1. ed. Rio de Janeiro 1999.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 2. ed. Rio de Janeiro 2002.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 3. ed. Rio de Janeiro 2009.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 4. ed. Rio de Janeiro 2011.

TOYOSHIMA, Celso I.; TERHEIDEN, Annegret. **Ajustando propriedades físicas de espumas flexíveis**. Disponível em:

<http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2010/cobertura_paineis/espumas/apresentacoes/evonik.pdf>. Acesso em: 18 ago. de 2018.