



EXPERIMENTOS DE RECICLAGEM PARA RESSIGNIFICAÇÃO DO PLÁSTICO PÓS-CONSUMO NA ABORDAGEM DO DESIGN CONDUZIDO PELO MATERIAL

RECYCLING EXPERIMENTS FOR RESIGNIFICATION OF POST-CONSUMPTION PLASTIC IN THE MATERIAL-DRIVEN DESIGN APPROACH

VANESSA SUELLEN DOS SANTOS RODRIGUES | UEPA

MAÍSA PAULA AMÉRICO DE AVIZ | UEPA

IVAMARA LIMA FERNANDES | UEPA

NÚBIA SUELY SILVA SANTOS, Dra. | UEPA

RESUMO

Este artigo pretende evidenciar o uso de embalagens plásticas pós-consumo em experimentos de reciclagem no contexto de uma disciplina do curso de design e usando uma abordagem centrada no material. Atualmente um dos grandes problemas para o meio ambiente é a grande quantidade de resíduos plásticos que são descartados de maneira inadequada. Diante disso discussões sobre alternativas sustentáveis destacam a reciclagem mecânica de resíduos plásticos como solução mais viável para as cidades. No presente trabalho embalagens plásticas pós-consumo foram coletadas, identificadas, lavadas e fragmentadas manualmente para início do processo de reciclagem que usou prioritariamente resíduos de polietileno (PE) e polipropileno (PP), e foi realizado no Laboratório de Materiais e Design da universidade. As amostras desenvolvidas foram analisadas pela abordagem do Design Conduzido pelo Material (*Material Driven Design - MDD*), buscando entender as peculiaridades das percepções dos usuários, observar propriedades e potencialidades do material e processo. Como resultado foram identificadas falhas no processo de reciclagem que influenciaram nas características físicas e sensoriais das amostras e que podem ser melhoradas nos próximos experimentos. A abordagem utilizada mostrou-se adequada para o entendimento das interações material/processo/amostra, assim como para a identificação de características que apresentem uma melhor experiência para o usuário.

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem mecânica; Polímeros; Sustentabilidade; Ecodesign.

ABSTRACT

This article intends to demonstrate the use of the post-consumer plastic packaging in recycling experiments in the context of a discipline in the design course and using a material-centric approach. Currently one of the main problems for the environment it is the large amount of plastic waste that is improperly discarded. In view of this, discussions on sustainable alternatives highlight the mechanical recycling of plastic waste as the most viable solution for cities. In the present work post-consumer plastic packages were collected, identified, washed and shredded manually to start the recycling process which used primarily polyethylene (PE) and polypropylene (PP) waste, and was carried out in the University's Materials and Design Laboratory. The developed samples were analyzed using the Material Driven Design approach (MDD), trying to understand the peculiarities of the user perceptions, observing properties and potentials of the material and process. As a result, failures were identified in the recycling process that influenced the physical and sensory characteristics of the samples and that can be improved in the next experiments. The approach used proved to be adequate for understanding the material/process/sample interactions, as well as for the identification of features that present a better experience for the user.

KEY WORDS

Mechanical recycling; Polymers; Sustainability; Ecodesign.

1. INTRODUÇÃO

A invenção e introdução dos plásticos e elementos sintéticos nos processos de fabricação foi um grande marco nos estudos de materiais, não só pelo valor de inovação, mas também por ajudarem a moldar toda a configuração industrial contemporânea, tornando-se um dos assuntos mais debatidos em sustentabilidade. Tal inserção foi gradual, sendo citado no Atlas do Plástico (2020) a confecção de produtos à base de borracha, celuloide e fibras artificiais durante o século XIX, e a utilização de *Polyvinyl chloride*, ou Policloreto de vinila (PVC) - feito a partir de resíduos petroquímicos - em navios da Marinha Alemã durante a Segunda Guerra Mundial - um incentivo para a popularização do plástico, que antes era pouco difundido no mercado por suas características incomuns, resultando na difícil aceitação pelo público consumidor. Dessa forma, o contexto pós-guerra ajudou a firmar tal material com a difusão de novas pesquisas e o surgimento de outros tipos produzidos em larga escala, além da ressignificação do plástico aos olhos do consumidor e o uso de produtos descartáveis.

Hoje, o PVC, o polietileno (PE) e o polipropileno (PP) são os mais empregados mundialmente (CATERBOW; SPERANSKAYA, 2020), e o uso do plástico é predominante em embalagens domésticas cotidianas. Em números, entre 1950 e 2017 foram produzidas 9,2 bilhões de toneladas de plásticos, em sua maioria para produtos e embalagens de uso único. Em contrapartida, menos de 10% de todo o plástico produzido passou pelo processo de reciclagem (CATERBOW; SPERANSKAYA, 2020). Nesse cenário, o descarte inadequado e sem outros fins dessas embalagens acabam por desequilibrar ciclos naturais do nosso ecossistema.

Não se pode negar a utilidade do uso do material plástico devido às suas vantagens, dentre elas a sua alta resistência, que o torna tão prejudicial ao meio ambiente tendo em vista o longo tempo que leva para sua degradação completa. Essa luta contra o uso do plástico não depende apenas da diminuição do consumo, mas também do posicionamento de empresas que ainda insistem em optar pelo uso do material plástico em embalagens descartáveis, mesmo após estudos e discussões recentes sobre os altos níveis de poluição aquática e terrestre que o acúmulo do material produz no planeta Terra. Além disso, a fabricação industrial de plástico libera altos índices de emissões de carbono na atmosfera, sendo um grande aliado das mudanças climáticas no planeta (IWANICKI; ZAMBONI, 2020).

Em termos gerais, uma das principais utilizações do plástico é em embalagens de uso único, sendo que no Brasil em 2019 foram produzidas cerca de 2,56 milhões de toneladas (IWANICKI; ZAMBONI, 2020). Nesta proporção de produção, o consumidor não pode fazer mudanças significativas do ponto de vista em escala mundial, porém pequenas mudanças de hábitos podem ser o primeiro passo para uma vida livre do uso de plásticos, ou pelo menos para a redução do consumo e dos resíduos produzidos.

Uma das alternativas viáveis para a diminuição de resíduo de plástico seria repensar o material sob a óptica dos 3 principais R's da sustentabilidade (SILVA; KOMATSU, 2014): reduzindo o consumo de produtos que utilizem embalagens plásticas; reutilizando embalagens e outros tipos de plásticos; reciclando o material descartado. Essa última alternativa, a reciclagem dos resíduos plásticos (plástico pós-consumo) é o foco do presente trabalho, que utiliza a metodologia do Design Conduzido pelo Material para trazer uma visão sobre o processo de reciclagem de polímeros e como forma de ressignificar os resíduos de plástico pós-consumo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para atingir o nível de conhecimento ideal acerca das amostras analisadas foi necessária uma revisão de conceitos sob a perspectiva de três esferas: o entendimento do que caracteriza um plástico e a sua participação no lixo urbano, conceituado pelo Atlas do Plástico (2020), por Piatti e Rodrigues (2005) e pela Lei Nº 12.305, de 2010; a discussão e compreensão da reciclagem de materiais plásticos, baseado nos autores Spinacé e De Paoli (2005) e Silva (2021); a metodologia criada por Karana *et al.* (2015) utilizada neste trabalho e a importância de se projetar pensando na experiência relacionada a como o material irá alcançar a maior aceitação com o usuário.

2.1. O plástico nos resíduos sólidos urbanos (RSU)

Plásticos, como definido por Caterbow e Speranskaya (2020, p. 12), são materiais sintéticos constituídos de hidrocarbonetos, cujas composições químicas particulares podem alterar drasticamente as suas propriedades físicas. Quimicamente, os plásticos são polímeros, ou seja, são formados por meio de reações chamadas de polimerizações, em que monômeros - moléculas pequenas - juntam-se estruturando moléculas gigantes e criando cadeias diversas (PIATTI; RODRIGUES, 2005). Essa alta massa molecular é o atributo que garante ao polímero a sua resistência mecânica e térmica, razões da sua alta empregabilidade na indústria, a qual ainda combina aditivos com a resina plástica a fim de se obter propriedades específicas, como antioxidantes, plastificantes, aromatizantes e pigmentos.

Por ser resistente e durável, o plástico ganhou espaço na indústria na confecção de produtos leves, baratos e de fácil montagem, simbolizando a praticidade da vida cotidiana com as embalagens alimentícias plásticas, que podem ser facilmente descartadas após o uso, otimizando tempo e energia dos consumidores. Segundo Camille Duran (2020, p. 14), “os produtos descartáveis tornaram-se o símbolo do estilo de vida em uma economia capitalista que é, ao mesmo tempo, causa e consequência da densidade e velocidade da vida moderna”. Soma-se isso ao fato de que, exatamente por serem resistentes e duráveis, os plásticos demoram para se decompor na natureza após o seu descarte, e não há um interesse significativo por parte das grandes empresas em o substituir por materiais mais sustentáveis em razão do valor que lucram sobre essa indústria (PATTON, 2020).

Como consequência, em 2019 a geração total de resíduos sólidos urbanos atingiu a marca de 79 milhões de toneladas, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos de 2020, tornando o Brasil o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo (WWF, 2019). Embora os recursos aplicados na limpeza urbana e as iniciativas de coleta seletiva tenham aumentado, os dados do Panorama indicam que boa parte desses resíduos ainda são destinados a unidades inadequadas, como lixões e aterros, e pouco deles podem ser reciclados ou são reintroduzidos na rede de produção.

Para lidar com a questão do lixo de forma integrada e minimizar a contaminação do meio ambiente, em 2010 foi implantada no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que põe como objetivos da gestão de forma hierarquizada: a não geração de lixo, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final adequada. Para tal, a PNRS propõe como instrumentos a coleta seletiva, a logística reversa, a fiscalização e a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos por parte das empresas que geram esses rejeitos (BRASIL, 2017). O intuito desse plano é responsabilizar essas organizações em relação à rotulagem ambiental, à avaliação do ciclo de vida do material e ao reaproveitamento de resíduos reintroduzidos na cadeia produtiva após o descarte.

Já no contexto doméstico, é possível notar que os consumidores também se sentem ambientalmente responsáveis pelo descarte de plástico, buscando soluções vistas como mais ecológicas no seu consumo. Segundo a Pesquisa Global de Insights do Consumidor da PwC (2021), 52% dos brasileiros afirmam que estão comprando mais produtos ecológicos do que em 2020, uma tendência de consumo vinda da necessidade de adotar novos hábitos. Marcas com a promessa de embalagens biodegradáveis e livres de plástico têm ganhado popularidade, assim como as que utilizam materiais descartados como matéria-prima de novos produtos.

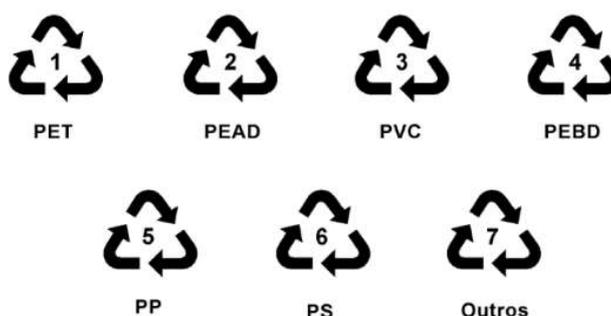
Com o crescimento desse mercado, e tendo em vista o debate voltado à preocupação com a gestão de resíduos sólidos na sociedade, a reciclagem mecânica surge como uma alternativa, não para alterar a composição química, mas para tornar o material viável para a aplicação em novos produtos. A técnica de reciclagem mecânica possui vantagens por conta da sua fácil execução e baixa demanda de custo; além de ser considerada sustentável devido a pouca emissão de gases e produção de resíduos. Nesse cenário, o uso do material pós-consumo no design poderia agregar percepções positivas e valores diferentes dos usuais, por meio do foco na experiência dos usuários.

2.2. Reciclagem de polímeros

Como postulado por Papanek (1985, p. 56), além de ser responsável por quase todos os produtos do mundo, o designer também assume quase todos os erros ambientais. Partindo do pressuposto que grande parte dos objetos descartados na natureza foram projetados por um designer, percebe-se que o seu papel moral e social é negligenciado a fim de intensificar o consumismo exacerbado. Por conseguinte, a Universidade torna-se fundamental no desenvolvimento de profissionais de design mais responsáveis e com pensamento crítico, que não só questionam as próprias ações, mas também procuram meios de projetar de forma mais prudente. Nesse âmbito, as disciplinas de Materiais e Processos Produtivos oferecem aos discentes as ferramentas necessárias para realizar experimentos e trabalhar com materiais improváveis, como exposto nesta pesquisa.

Mencionada na PNRS, uma dessas experiências proporcionadas em classe é a reciclagem, uma alternativa para o gerenciamento de resíduos que impede que eles se concentrem em lugares inadequados, como aterros, lixões e oceanos. Essa iniciativa ajuda a minimizar a poluição marinha e a contaminação dos lençóis freáticos, criados tanto pelo lixo sólido que flutua e concentra-se na costa quanto pelos microplásticos que podem atingir até as águas mais profundas (ZIEBARTH; SEEGER; ERIKSEN, 2020). Além disso, permite criar uma cadeia cíclica de reaproveitamento de matérias-primas e substituição do uso de recursos não-renováveis, como petróleo e gás natural.

A reciclagem também é uma forma de geração de renda para diversas famílias brasileiras, porém, ainda necessita de investimento em pesquisas para otimizar o processo e melhorar a qualidade do material gerado. Isso permitiria a expansão do mercado de produtos fabricados com polímeros reciclados, uma vez que as aplicações ainda são limitadas devido a amostra final não possui os mesmos atributos do plástico que a originou, e por isso é aplicada em itens de baixo valor (MOUN; FLOOD, 2020). Ainda, é importante que haja incentivo à coleta seletiva e à identificação correta da resina por meio dos fabricantes de embalagens poliméricas, seguindo a Norma NBR 13.230 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que sugere sete tipos de classificação do material, exibidos na Figura 1.



PET = Poli(tereftalato de etileno), PEAD = Polietileno de alta densidade,
PVC = Poli(cloroeto de vinila), PEBD = Polietileno de baixa densidade,
PP = Polipropileno, PS = Poliestireno

Figura 1: Simbologia de reciclagem de embalagens poliméricas segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas.
FONTE: Spinacé e De Paoli (2005).

Nesse contexto, há quatro tipos de reciclagens que podem ser utilizadas em termoplásticos para fins distintos, sendo elas: a primária, que recicla mecanicamente polímeros pós-industriais, mantendo as propriedades de um material mais “puro”; a secundária, que recicla mecanicamente plástico de pós-consumo; a terciária, também chamada de reciclagem química; e a reciclagem quaternária, que recupera energia do material por meio da incineração (SPINACÉ; PAOLI, 2005). Nesse âmbito, há etapas gerais pré-estabelecidas que devem ser seguidas para tentar alcançar a melhor qualidade possível para o material, descritas a seguir.

A primeira etapa é a separação dos resíduos, necessária para isolar determinado tipo de material que poderia ser contaminado ou ser incompatível com outras resinas. Ela pode ser feita tanto de forma manual, com a separação pela

identificação na embalagem e aplicação de testes, quanto automática, em que são usados tanques de flotação para diferenciar os plásticos observando sua densidade. Após esse procedimento é feita a moagem em pequenas partes uniformes, com possibilidade de auxílio pelo uso de um moinho de facas rotativas. O material é então lavado em tanques de água e secado para ser direcionado ao reprocessamento. Há pelo menos quatro procedimentos que propiciam a reciclagem mecânica para um produto final, sendo eles a injeção, a extrusão, a rotomoldagem para produção de objetos ocos, ou a moldagem por compressão, com o uso de moldes de silicone ou metal que vão ao forno com as partículas de plástico posicionados no interior (SILVA, 2021).

2.3. Design Conduzido pelo Material (MDD)

Entendido como um método para criar experiências de usuário além de sua esfera utilitária, O Material Driven Design (MDD), ou Design Conduzido pelo Material, é um método desenvolvido por Karana *et al.* (2015) que analisa as propriedades e qualidades experimentais do material. Nos dias atuais, a alta demanda na produção industrial contribui para aumentar a extração de matéria prima convencional. Levando isso em consideração, estudos feitos na área de materiais têm crescido devido a busca constante de alternativas que procurem reduzir os impactos ambientais. Entretanto, o que determina o sucesso da aplicação comercial do material é a aceitação dos usuários, relacionados às experiências que o material tem com ele (KARANA *et al.*, 2015).

Durante a experiência do material, busca-se extrair informações detalhadas acerca de quais sensações que o mesmo provoca, levando em consideração a importância disso para a parte prática da pesquisa. Quando um processo de projeto é iniciado pelo material, a aplicação do MDD tem a experiência como o resultado esperado por meio do estudo das propriedades até o processo que explora a criação e avaliação (KARANA *et al.*, 2018). A viabilidade deste se dá em três cenários: projetar através de uma proposta com um material relativamente conhecido, que será acompanhado por uma amostra totalmente desenvolvida; projetar com um material relativamente desconhecido, que será acompanhado por uma amostra totalmente desenvolvida e projetar com uma proposta de material semidesenvolvido ou amostras exploratórias. Nesse caso, a pesquisa utilizou-se do terceiro cenário com amostras ainda em fase experimental. Segundo Karana (2015), as principais etapas do método MDD são:

1. Compreender o material: este é o primeiro estágio para entender como o material se manifesta a respeito da sua caracterização técnica e experiencial, levando em consideração a sua origem, processo de produção, resultado e a relação de avaliação do usuário. Além disso, realiza-se testes técnicos para caracterização do desempenho do material, tanto das potencialidades físicas como a possível aplicação em um produto ou área.
2. Criar visão de experiência do material: delinear de que forma o material se apresenta em níveis de experiências com o usuário, ou seja, quais as reações e sensações provocadas, traduzindo os benefícios do material em um contexto de aplicação, mas ainda sem algo delimitado.
3. Manifestar padrões de experiência de materiais: sintetizar a partir da interação do usuário e refletir sobre a finalidade do material relacionando propriedades formais do material e os significados explorados.
4. Projetar conceito de material ou produto: consiste na composição dos conceitos finais acerca do material e o que foi desenvolvido durante as etapas do processo MDD, para que as características técnicas e experienciais sejam reunidas e a partir disso ocorra a criação de possibilidades para uso do material.

3. MÉTODO

Essa pesquisa foi realizada com 30 alunos da turma de Design da Universidade do Estado do Pará, como proposta experimental para a disciplina de Materiais e Processos Produtivos II. Apresentando o embasamento teórico a respeito da reciclagem do plástico e do seu percentual impactante nos resíduos sólidos, o trabalho se estabeleceu na combinação das técnicas de reciclagem mecânica artesanal para a confecção das amostras e da metodologia de Design Conduzido pelo Material (MDD) (KARANA *et al.*, 2015) para compreender a relação do material com o usuário.

O trabalho foi realizado em duas etapas: a reciclagem mecânica praticada nas dependências do laboratório da Universidade; e o método MDD, utilizado para análise de resultados das amostras, feito em ambiente remoto.

3.1. Reciclagem Mecânica

A coleta do material utilizado na pesquisa foi realizada entre os discentes que participam da disciplina, a partir de seus próprios resíduos domésticos, sendo priorizados plásticos do tipo PE e PP para o experimento. As embalagens são lavadas e cortadas manualmente com tesouras e colocadas em moldes de silicone para serem aquecidas em forno comum de cozinha tipo “Sugar”, a 175°C para o PP e 137°C para o PEAD. Ao final do processo as amostras são retiradas do forno e prensadas com peças de madeira. Todos os procedimentos de reciclagem mecânica foram e são realizados no Laboratório de Materiais de Design da UEPA.

Em seguida, um levantamento estatístico foi feito entre os alunos com o objetivo de qualificar os tipos de plásticos e embalagens encontradas no ambiente doméstico. Cada aluno identificou e quantificou as embalagens coletadas segundo a simbologia de reciclagem (Figura 1).

3.2. Abordagem Design Conduzido pelo Material (MDD)

Para melhor análise a respeito do material relacionado à experiência do usuário, foi utilizada uma abordagem da metodologia de Design conduzido pelo material (MDD) adaptada para o trabalho. Tendo em vista o caráter experimental das amostras e as limitações quanto a pandemia COVID -19, essa análise foi realizada de modo remoto.

Para isso utilizou-se a aplicação de um questionário composto por dois tipos de amostras, com 7 (sete) perguntas para análise individual de cada uma das amostras e 5 (cinco) perguntas sobre o usuário entrevistado, totalizando 19 questões. Todas as perguntas eram de múltipla escolha, mas contendo a opção de o participante deixar suas próprias opiniões ao invés de selecionar uma resposta pré-definida. O questionário foi feito buscando correlacionar o material em relação ao usuário a nível sensorial, interpretativo, afetivo e performático. Além disso, foram realizadas análises físicas das amostras produzidas da aplicação, primeiramente para propor as perguntas do questionário e posteriormente para aprimoração do experimento. As etapas da metodologia são descritas a seguir:

3.2.1. Entendendo o material

Nesta primeira etapa, com as amostras já prontas e o estágio inicial da pesquisa teórica em andamento, o processo se dividiu entre a caracterização técnica das amostras analisando a partir de suas características físicas e a caracterização experiencial geral em relação ao usuário feita por meio da base de dados do formulário. A experiência do usuário foi analisada através da seleção de perguntas a nível sensorial, interpretativo, afetivo e performático.

3.2.2. Visão de experiência do material

Esta etapa é um apanhado geral da etapa anterior, partindo dos resultados obtidos com questionário, de caracterização tanto da experiência com o usuário quanto aspectos técnicos do material e, ainda, o estudo de uma possível aplicação em produtos ou área de produtos onde a inserção do material seria viável, buscando auxiliar a potencializar possíveis aspectos estratégicos para amostras futuras. Além disso, para fins de complementação e contextualização quanto aos aspectos técnicos do material usado - resíduos plásticos pós consumo - foi feito um levantamento das embalagens mais recorrentes de uso dos discentes.

3.2.3. Padrões de experiência do material

A etapa de formular um padrão de experiência do material busca compreender por meio da interação e experimentação com o usuário como o designer visualiza o desempenho funcional ao ser incorporado em um produto. Entretanto, as

amostras ainda estão em fase experimental, devido isso não foi feita a produção de produtos a partir desse material no trabalho.

Para fins de análise uma das perguntas do formulário do nível interpretativo do material propôs uma associação a algum tipo de produto, área de produto ou objeto artístico. Ainda, perguntou-se aos participantes sobre a potencialidade de inserir o material no mercado, com o melhor refinamento e estudo do mesmo.

3.2.4. Criação de conceitos do material

Por meio da análise do formulário, foram feitas associações para os dois tipos de amostras e a partir desses dados é possível analisar as características de maior desempenho e outras que não tiveram tanta potencialidade. No entanto, considerando o caráter experimental das amostras, a síntese dos dados não atribuiu à uma conclusão específica final de conceituação do material, porém, os dados coletados irão auxiliar no melhor refinamento das próximas etapas do material.

4. RESULTADOS E ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1. Análise da amostra correlacionada com a experiência do usuário

Para efeito da abordagem MDD foram analisados 2 tipos de amostras iniciais como mostrado na fig. 2, usando prioritariamente o polietileno (PE). As amostras tipo I são placas quadradas de 10x10 cm e de no máximo 5 mm de espessura onde as partículas estão aparentemente melhor aglutinadas caracterizando uma boa condução dos parâmetros do processo de reciclagem, como o tempo, a temperatura do interior do forno e o tamanho da partícula. Já as amostras tipo II são retangulares de 3x8 cm e de aproximadamente 10 mm de espessura, apresentam partículas com falhas de aglutinação sugerindo erros na seleção dos parâmetros do processo de reciclagem.

Deve-se considerar que o trabalho teve foco na amostra sólida e em seu processo de reciclagem mecânica artesanal, utilizando uma pequena quantidade de embalagens pós-uso, não levando em consideração os índices de gases liberados na análise de resultados. Isso devido às limitações de equipamentos e recursos necessários para a coleta do mesmo. Além disso, de acordo com Gonçalves (2007) essas macromoléculas orgânicas apresentam-se como compostos estáveis a temperaturas entre 100° e 200°C, dentro do limite estabelecido na prática experimental do trabalho, o que corrobora em não liberar gases tóxicos.

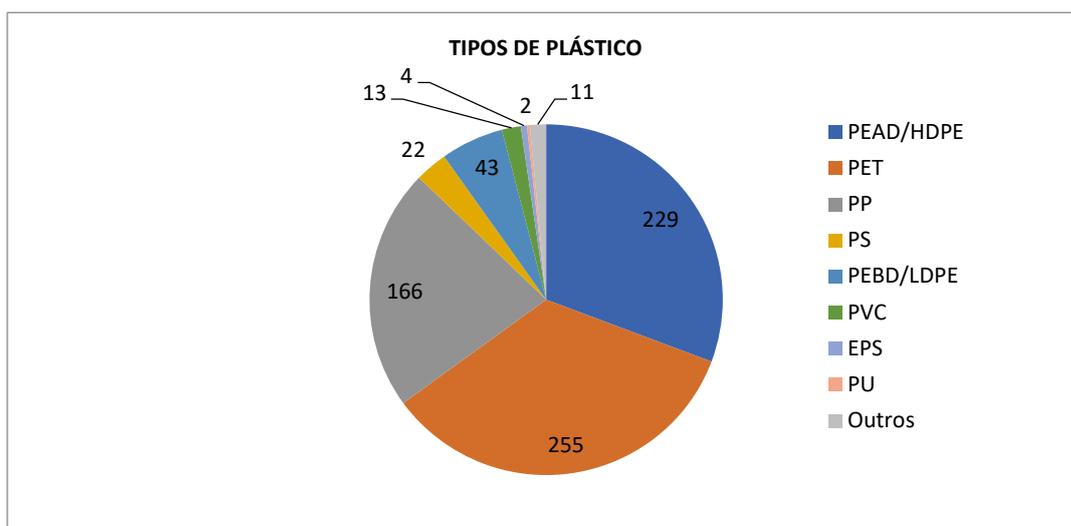
Ao analisar os resultados dos dois tipos, podemos perceber que logo na etapa de corte, o comprimento das partículas das embalagens plásticas influencia na uniformidade da peça, ou seja, quanto menor a partícula melhor a aglutinação da mesma no processo de aquecimento. Essa uniformidade também sofre influência da quantidade, como observado, quanto maior a espessura, mais difícil de todas as partículas derreterem e se aglutinarem por completo, causando o esfacelamento dos pedaços de plásticos que não conseguiram se aglutinar de maneira satisfatória. O uso da prensa de madeira revestida com papel manteiga ou papel alumínio antes da solidificação completa da amostra também auxilia na uniformização.



Figura 2: Amostras tipo I (as duas à esquerda), e amostras tipo II (as duas à direita). FONTE: Materioteca/UEPA (2018).

Em um panorama geral, o material possui menor resistência do que o plástico convencional, sendo mais suscetível a quebrar com a aplicação de pressão. A amostra II se mostrou mais resistente devido à maior espessura. Além disso, há pouca possibilidade de corte manual, e a amostra se torna dependente do formato da forma onde o material é depositado para o aquecimento e derretimento.

Como o trabalho foi feito a partir de uma experiência em ambiente universitário, um levantamento estatístico (Quadro 1) foi feito entre os discentes com o objetivo de quantificar e qualificar os tipos de plásticos e embalagens encontradas no ambiente doméstico, a fim de contextualizar a importância da reciclagem com a confecção das amostras, aproximando os discentes para a quantidade de resíduos produzida cotidianamente.



Quadro 1: Tipos de plástico encontrados nas casas dos alunos. FONTE: Elaborado pelas autoras.

A partir dos dados apresentados no Quadro 1, podemos observar a predominância de embalagens tipo PET, polietileno (PE) de baixa densidade (PEBD) e de alta densidade (PEAD) - que pode ser usado no experimento - sendo o PEAD o segundo das mais recorrentes embalagens descartáveis entre os discentes. Ainda, foi selecionado para utilização no processo também o tipo polipropileno (PP), sendo o terceiro mais recorrente no uso de embalagens domésticas no levantamento realizado.

Fez-se uma análise relacionando a quantidade e os tipos de plásticos presentes nos ambientes (Quadro 2), dando enfoque para o banheiro e a cozinha, onde geralmente há um maior acúmulo de embalagens devido seu uso recorrente em atividades nesses locais.

Ambientes	PEAD	PET	PP	PS	PEBD	PVC	EPS	PU	Outros
Banheiro	83	35	25	0	4	9	0	0	3
Cozinha	34	71	99	9	20	3	4	2	3
Outros	112	149	42	13	19	1	0	0	5
Total	229	255	166	22	43	13	4	2	11

Quadro 2: Tipos de plástico por ambiente. FONTE: Elaborado pelas autoras.

Tais dados serviram especialmente como forma de conscientizar os discentes de Design sobre como contribuem para o acúmulo de plástico, pois através disso são gerados danos ambientais. Ainda, dá a oportunidade para os discentes pensarem em alternativas criativas de utilizações funcionais das amostras no processo, repensando e ressignificando as embalagens plásticas pós-consumo e aumentando o ciclo de vida do material.

Além disso, a metodologia de Design conduzido pelo material aplicada de maneira adaptada no trabalho, auxilia nessa correlação entre usuário e amostra experimental buscando fazer uma análise para melhor aceitação e um refinamento de ideias sobre uma possível aplicação do material, quando esse apresentar melhoras no decorrer da continuidade dos estudos. A aplicação dessa metodologia se fez necessária, devido o material além de ter função utilitária deve cativar o usuário para conseguir uma melhor aceitação (KARANA, 2015), o que contribui no prosseguimento do estudo para melhora da amostra.

Com isso, para melhor compreender a experiência do usuário com o material e assim fazer o melhor uso da metodologia de Design conduzido por material (MDD), fez-se a aplicação de um formulário online na plataforma *Google Forms* que contou com a participação de 71 pessoas de todas as regiões do Brasil, concentrando principalmente na região Norte, sendo que mais da metade dos participantes possui entre 18 a 25 anos e a maioria é do sexo feminino. O formulário buscou familiarizar os participantes por meio de imagens para cada tipo de amostra exploratória, analisando a relação do usuário a nível sensorial, interpretativo, afetivo e performático.

O período pandêmico (COVID-19) limitou a análise de estudo com o usuário, já que afetou em como o mesmo se relaciona com o material nesta pesquisa, tendo em vista que sua relação foi construída através da observação de imagens ao invés do uso dos sentidos. No entanto, apesar dessa limitação, podemos observar um maior incentivo à curiosidade e ao uso da imaginação ao se associar suposições sobre o material. Ainda, fomentando essa curiosidade, a composição da amostra foi omitida ao longo do teste fazendo os participantes associarem de maneira mais livres com suposições. Apenas no final do teste foi falado sobre a composição da amostra e seu processo de reciclagem, evidenciando o caráter sustentável da iniciativa proposta pela Universidade ao utilizar-se de embalagens pós-uso.

Com as respostas obtidas, podemos observar que as amostras mais uniformes têm maior aceitação do público, devido a maior possibilidade de imaginar uma aplicação utilitária. Sendo assim, a nível sensorial, a amostra tipo I passou um sentimento mais agradável aos participantes, enquanto, a amostra tipo II causou maior sentimento de indiferença. Ainda, estimulando o uso dos sentidos com as amostras por meio de suposições, foi feita uma associação de palavras. As palavras mais votadas têm o maior destaque nas imagens (Figuras 3 e 4).



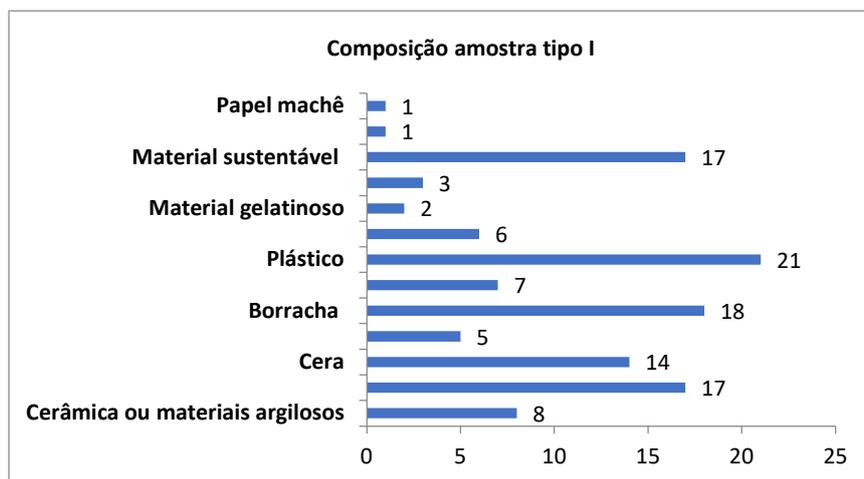
Figura 3: Associação de adjetivos da amostra tipo I. FONTE: Elaborado pelas autoras.



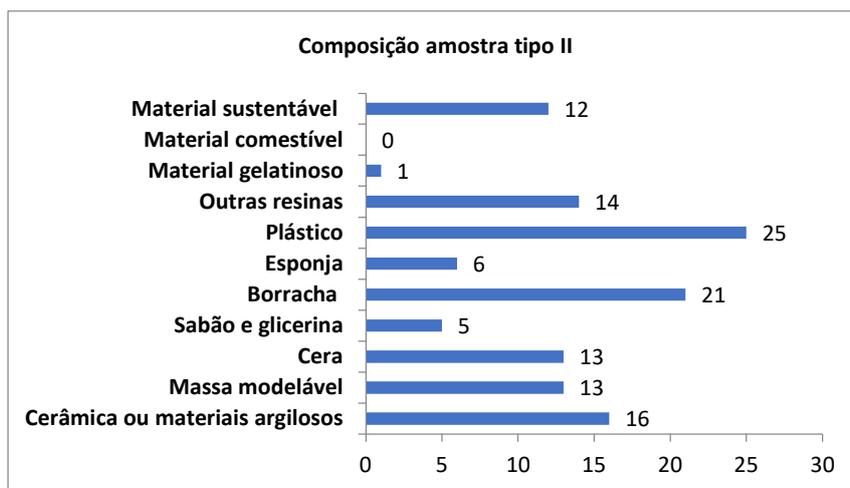
Figura 4: Associação de adjetivos da amostra tipo II. FONTE: Elaborado pelas autoras.

Os dois tipos de amostra apresentam a maioria das palavras destacadas em comum. No entanto, podemos observar que a nível estético a amostra tipo I tem o maior destaque devido sua melhor uniformidade e aspecto multicolorido, enquanto a segunda amostra demonstra ter melhor resistência, tendo em vista sua espessura.

Em seguida, relacionou-se ao nível de interpretação com usuário sobre o que ele imaginava ser a composição do material como demonstra os gráficos (Quadro 3 e 4).



Quadro 3: Composição da amostra tipo I. FONTE: Elaborado pelas autoras.



Quadro 4: Composição da amostra tipo II. FONTE: Elaborado pelas autoras.

A partir disso, podemos observar que a maioria dos participantes conseguiu associar o plástico à composição das amostras, entretanto, os índices ficaram próximos também de outros materiais como borracha. Esse fato influenciou nas suposições sensoriais da amostra onde palavras relacionadas ao peso e a maciez foram associadas ao material produzido.

Ainda, podemos observar que a amostra tipo I foi associada a uma possível aplicação decorativa enquanto a amostra tipo II foi relacionada majoritariamente em um material abstrato sem devida utilidade. Supõem-se que esse fato, é devido a amostra tipo I ter o melhor acabamento com a adesão das partículas agrupadas de maneira mais uniforme influenciando na aparência, já a amostra tipo II apresenta muita rugosidade causada pelos pedaços de plástico não derretidos e pode desfazer quando aplicada em um produto.

Além disso, a nível afetivo, ambas as amostras despertaram em predominância curiosidade nos participantes. Tal informação pode ser tanto associada ao seu aspecto multicolorido quanto ao fato de os participantes não saberem ao certo a composição da amostra. Ao descobrir a verdadeira constituição do material, no entanto, a maioria dos participantes demonstrou interesse e concordaram que com estudos e testes mais profundos acerca do material é viável uma aplicação comercial. Por fim, a nível performático se destacou o sentido tátil em relação à amostra, sendo que a maioria dos participantes sentiram vontade de tocar e apertar o material produzido.

Em suma, a aplicação da metodologia de Design conduzido pelo material por meio de questionário serviu para auxiliar nessa correlação entre usuário e amostra experimental buscando analisar a aceitação da amostra mesmo em fase exploratória, destacando um refinamento de ideias que contribuem para uma futura aplicação. Portanto, partindo das análises gerais de associações por meio de adjetivos com intuito de catalogar melhorias, pode-se perceber uma melhor aceitação da amostra tipo I devido a maior variação de cor e melhor uniformidade que faz com que ela seja associada mais facilmente a produtos.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a análise acerca das amostras experimentais produzidas pelos discentes da turma de design no Laboratório de Materiais e Design da Universidade do Estado do Pará. As amostras foram feitas a partir da reciclagem mecânica artesanal de embalagens plásticas pós-uso tipo PE e PP. Este desenvolvimento buscou incorporar noções da disciplina de Materiais e Processos Produtivos II voltada à sustentabilidade e dar a oportunidade criativa ao designer de produtos de refletir sobre a ressignificação dos resíduos plásticos a um ciclo sustentável de consumo. Para um melhor entendimento do material utilizou-se a metodologia de Design Conduzido pelo Material (KARANA *et al.*, 2015) adaptada, fazendo o uso de um formulário online para coletar informações pertinentes sobre aceitação das amostras produzidas a nível sensorial, interpretativo, afetivo e performático com o usuário.

No decorrer da pesquisa, podemos observar algumas limitações de aplicação do material devido a amostra ainda estar em fase experimental, necessitando de melhorias no processo de aglutinação e uniformização. Ainda, há limitações sobre aplicação viável em consequência de o material não ser suscetível a corte manual e ficar à mercê dos moldes onde é depositado para o derretimento no seu formato final. No entanto, as respostas via formulário foram fundamentais para observar a boa aceitação do material pelos usuários, principalmente o potencial da amostra tipo I, que apresentou maior uniformidade e melhor associação a fins utilitários.

A partir dos resultados obtidos, a pesquisa apresenta potencial como uma alternativa acerca de novas perspectivas do plástico reciclado como material viável e ecológico no design de objetos. Ainda, tais resultados levam em conta nichos para aplicações futuras do material baseados na experiência dos usuários, conforme o prosseguimento do estudo para melhoria do mesmo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. *In: WWF*. [S. l.], 4 mar. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/33pa0KT>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 3. ed. Brasília: Edições Câmara, 2017. 80 p.
- CATERBOW, Alexandra; SPERANSKAYA, Olga. Benção e maldição. *In: MONTENEGRO, Marcelo et al., (org.). Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 16-17.
- CATERBOW, Alexandra; SPERANSKAYA, Olga. História: Inovação em três letras. *In: MONTENEGRO, Marcelo et al., (org.). Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 12-13.
- DURAN, Camille. Cultura do Descarte: Por que o mundo está chafurdando no lixo? *In: MONTENEGRO, Marcelo et al., (org.). Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 14-15.

- GONÇALVES, Cecília K. **Pirólise e combustão de resíduos plásticos**. São Paulo. 2007.
- IWANICKI, Lara; ZAMBONI, Ademilson. **Um oceano livre de plástico**: desafios para reduzir a poluição marinha no Brasil. 1. ed. Brasília, DF: Oceana Brasil, 2020.
- KARANA, E. *et al.* When the material grows: a case study on designing (with) mycelium-based materials. **International Journal of Design**, v. 12, n. 2, p. 119-136, 2018.
- KARANA, Elvin. *et al.* Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. **International Journal of Design**, v.9, n.2, 2015.
- MOUN, Doun; FLOOD, Chris. Gestão de resíduos: Não podemos reciclar soluções diante da crise plástica. *In*: MONTENEGRO, Marcelo *et al.*, (org.). **Atlas do Plástico**: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 42-43.
- PAPANEK, Victor. **Design for the real world**: Human ecology and social change. 2. ed. rev. United Kingdom: Thames & Hudson, 1985.
- PATTON, Jane. Corporações: Culpando o consumidor. *In*: MONTENEGRO, Marcelo *et al.*, (org.). **Atlas do Plástico**: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 34-35.
- PIATTI, Tânia M.; RODRIGUES, Reinaldo A. F. **Plásticos**: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: EDUFAL, 2005. 51 p.
- SILVA, Alex; KOMATSU, Roberta. Conceito dos 3R: um breve referencial para uma empresa sustentável. **Revista Interatividade**, p. 120-125, 2014.
- SILVA, Mercia Mendonça da. Hodioplast: **O design de produtos como ferramenta na redestinação do plástico pós-consumo**. Orientador: Núbia Suely Silva Santos. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Design) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2021.
- SPINACÉ, Márcia; DE PAOLI, Marco Aurelio. A tecnologia de reciclagem de polímeros: A Method to Design for Material Experiences. **Química Nova**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.
- THE GLOBAL consumer: Changed for good: PwC's June 2021 Global Consumer Insights Pulse Survey. *In*: **PwC**. [S. l.], 14 jun. 2021. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/consumer-markets/consumer-insights-survey.html>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- ZIEBARTH, Nadja; SEEGER, Dorothea; ERIKSEN, Marcus. Água: Tudo ao mar? *In*: MONTENEGRO, Marcelo *et al.*, (org.). **Atlas do Plástico**: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020. p. 32-33.