



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Escola Superior de Desenho Industrial

Gustavo Alves Cunha Martins

**Placa de plástico reciclado:
características, design e propostas projetuais**

Rio de Janeiro

2022

Gustavo Alves Cunha Martins

**Placa de plástico reciclado:
características, design e propostas projetuais.**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-graduação em Design, na Escola Superior de Desenho Industrial da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Pereira Reiszal

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/G

M386 Martins, Gustavo Alves Cunha

Placa de plástico reciclado: características, design e propostas
projetuais / Sérgio Bernardo dos Santos. – 2022.

149 f.: il.

Orientador: Fernando Pereira Reiszal.
Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Escola Superior em Desenho Industrial.

1. Produtos reciclados - Teses. 2. Projeto de produto - Teses. 3.
Desenho industrial - Teses. I. Reiszal, Fernando Pereira. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Escola Superior em
Desenho Industrial. III. Título.

CDU 7.05

Albert Vaz CRB-7 / 6033 - Bibliotecário responsável pela elaboração da ficha catalográfica.

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Gustavo Alves Cunha Martins

Placa de plástico reciclado: características, design e propostas projetuais.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-graduação em Design, na Escola Superior de Desenho Industrial da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado em 28 de Julho de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fernando Pereira Reiszal (Orientador)
Escola Superior de Desenho Industrial - UERJ

Prof. Dr. Vicente de Paulo Santos Cerqueira
Escola Superior de Desenho Industrial—UERJ

Prof. Dra. Bettina Susanne Hoffmann
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2022

DEDICATÓRIA

Dedico esse estudo à todos os trabalhadores da cadeia da reciclagem do Rio de Janeiro, empresas, cooperativas, trabalhadores autônomos, pesquisadores e todos aqueles que trabalham na transformação do “lixo” em novas possibilidades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a todos integrantes da ESDI, que fazem da instituição uma referência para o Design no Brasil e na qual tive o privilégio de fazer parte e aprender tanto. Nesses anos, pude formar meus conhecimentos da prática do Design que se somam a minha formação em Ciências Ambientais e, com essa mistura de visões de mundo, me sinto preparado para contribuir com a sociedade nos múltiplos desafios do desenvolvimento tecnológico aliado a sustentabilidade.

Agradeço também a empresa UmMundo, responsável pelo desenvolvimento e produção das Placas de Plástico estudadas nesse trabalho. Sua produção só é possível através da dedicação de intensos anos no mercado da reciclagem, do conhecimento dos desafios e da articulação de muitas pessoas comprometidas com o desenvolvimento sustentável no Rio de Janeiro.

Agradeço a COOPAMA, Cooperativa Popular Amigos do Meio Ambiente, que abriga a produção das Placas Recicladas, gerando um ambiente criativo e humano sem o qual nada seria possível. Assim como todos os cooperados e parceiros que ajudam a produção e dedicam todos os dias para limpar a sujeira da cidade.

Agradeço a todos os parceiros desenvolvedores que apostam em novas possibilidades de materiais para seus projetos e que estimulam o desenvolvimento das Placas Recicladas. Em especial a oficina Artes e Ofício, que abriu as portas para realização de diferentes experimentos e a OBJ que desenvolveu novas possibilidades de produtos, assim como outros parceiros.

Agradeço ao INT – Instituto Nacional de Tecnologia, pelo auxílio na caracterização do material e a Capes pela bolsa concedida para a execução do estudo. A participação de diferentes instituições mostra a importância de trabalhos feitos em cooperação e o potencial das parcerias para realização de projetos transformadores.

Por fim, e não menos importante, agradeço a minha família, por me apoiar nessa jornada e ser o pilar do meu desenvolvimento e minha companheira Raisa por todo apoio durante os anos desse trabalho.

Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.

Lavoisier

RESUMO

MARTINS, Gustavo A. C. *Placa de Plástico reciclado: características, design e propostas projetuais*. 2022. 149f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2022.

A dissertação apresenta as Placas de Plástico Reciclado feitas a partir de embalagens pós-consumo de Polipropileno. Embora as Placas sejam produzidas a partir da lógica sustentável, transformando materiais de uso único descartados em novas possibilidades de produtos duráveis, ainda carece de informações quanto as características que auxiliem sua aplicação em novos projetos. Soma-se a isso algumas barreiras para adoção de materiais reciclados como suas características técnicas, estéticas e o interesse do consumidor. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou dois objetivos principais: (1) a delimitação de um quadro de características técnicas e de design e, a partir delas, (2) gerar alternativas para projetos de produtos para as Placas Recicladas. Para isso, foram realizadas análises do material a partir do método científico e técnicas de Design Industrial. Dessa forma, é apresentada uma revisão sobre os materiais plásticos na sociedade e o contexto da produção das Placas Recicladas, além de ensaios mecânicos de flexão, impacto, técnicas de trabalhabilidade; e características estéticas, desenvolvidas a partir do design de superfície e entrevistas qualitativas. A caracterização realizada constitui as primeiras informações relativas às Placas Recicladas, e apresenta a possibilidade de substituição de materiais de madeira, como compensado e aglomerados, a partir das suas características mecânicas e de trabalho. Dessa forma, é apresentado o desenvolvimento dos primeiros padrões estéticos de cores, facilitando a aplicação do material em novos projetos. E por fim, a realização de diferentes possibilidades de produtos para mercados distintos, como objetos utilitários, de decoração e mobiliários, apresentados ao final do trabalho.

Palavras-chaves: Reciclagem, Plástico, Design, Produtos.

ABSTRACT

MARTINS, Gustavo A. C. *Recycled plastic sheets: characteristics, design and project proposals*. 2022. 149f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2022.

The dissertation presents the Recycled Plastic Sheets (Pla.Ca) made from post-consumer polypropylene packaging. Although the Pla.Ca are produced from sustainable logic, transforming discarded single-use materials into new possibilities for durable products, there is still a lack of information regarding characteristics that help their application in new projects. Added to this, there are some barriers to adopt recycled materials, such as their technical and aesthetic characteristics and consumer interest. In this sense, the present research sought two main objectives: (1) the delimitation of a framework of technical and design characteristics and, from them, (2) generate alternatives product projects for Recycled Sheet. For this, analyzes of the material were carried out from the scientific method and techniques of Industrial Design. Thus, a review of plastic materials in society and the context of the production of Recycled Sheets is presented, in addition to mechanical tests of bending, impact, workability techniques; and aesthetic features, developed from surface design and qualitative interviews. The characterization carried out generated the first information regarding the Recycled Sheets, presenting the possibility of replacing wood materials, such as plywood and agglomerate, based on their mechanical and working characteristics. It was also possible to develop the first aesthetic color standards, facilitating the application of the material in new projects. From this, it was possible to carry out different possibilities of products for different markets, such as utilitarian objects, decoration objects, and furniture, presented at the end of the work.

Keywords: Recycling, Plastic, Design, Products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Placas de Plástico Reciclado.	17
Figura 2: Processo de Design.	22
Figura 3: Evolução do uso de materiais plástico na história.....	27
Figura 4: Porcentagem de quantidade total produzida no mundo por código de reciclagem.....	28
Figura 5: Fluxo linear das embalagens.	33
Figura 6: Fluxo das embalagens encaminhadas para reciclagem.....	34
Figura 7: Diagrama circular Cradle to cradle.....	34
Figura 8: Paradoxo do Ecodesign.	43
Figura 9: Desafio no Waste Challenge.....	44
Figura 10: Etapas gerais do Ciclo de Vida das Placas Recicladas.	45
Figura 11: Diferentes “ <i>Flakes</i> ” usados para produção das PPRs.....	49
Figura 12: Etapas do processo produtivo.....	51
Figura 13: Placas de Plástico Reciclado.	53
Figura 14: Placas recicladas das empresas de grande porte.....	56
Figura 15: Empresas pequeno porte.	61
Figura 16 Corpos de prova submetidos as análises:.....	70
Figura 17 Corpo de prova sendo ensaiado (INT)	71
Figura 18 Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio	72
Figura 19: Corpos de prova submetidos as análises:.....	74
Figura 20 Corpos de Prova sendo ensaiado.	75
Figura 21 - Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio.....	76
Figura 22 Aspecto dos corpos de prova entalhados, antes do ensaio.	82
Figura 23: Aspecto dos corpos de prova após o ensaio, com as metades fraturadas postas com seus respectivos pares.	83
Figura 24: Serra de mesa usada nos experimentos (1) Serras (2) Mesa com Placas.	88
Figura 25: Serra tico-tico usada nos experimentos. (1) Serra e Placas (2) Diferentes Lâminas.....	89
Figura 26: Serra de fita usada nos experimentos. (1) Procedimento sendo realizado (2) Placa no corte.....	90
Figura 27: Corte realizado em fresa por Controle Numérico por Computador CNC..	91

Figura 28: Chanfro arredondado feito em Placas de 12 mm.	92
Figura 29: Teste de furação com diferentes brocas (1) Brocas (2) Procedimento.	93
Figura 30: Experimentos de fixação com parafuso.	94
Figura 31: Diferentes coles usadas nos experimentos (1) Cola epóxi (2) Cola silicone e (3) Cola acrílica.	95
Figura 32: Etapas do procedimento de dobra. (1) Chanfro, (2) Aquecimento (3) Dobra.	95
Figura 33: Diferentes processos de moldagem por aquecimento.	96
Figura 34: Equipamentos usados para polimento das Placas.	97
Figura 35: Impressão realizada em vinil (1) e UV (2 e 3).	98
Figura 36: Aproveitamento de corte em centímetros das Placas Recicladas. (90cm x 70cm)	100
Figura 37: Cores padronizadas pela separação das cores.	104
Figura 38: Diferentes misturas de cores testadas	105
Figura 39: Padrões experimentados a partir da disposição do material.	106
Figura 40: Amostras selecionadas.	107
Figura 41: Kit de amostras entregue na realização do questionário.	107
Figura 42: Moodboards 1 - Composição com tecidos e madeira.	112
Figura 43: Moodboards 2 - Composição com instrumentos de corte e costura.	112
Figura 44: Moodboards 3 - Composição com fibras naturais.	113
Figura 45: Moodboards 6 - Composição com pedras preciosas, prata, ouro amarelo e rosa, quartzo rutilado e cristal.	113
Figura 46: Moodboards 4 e 5 - Composição com ferro, madeira, plantas e vidro.	114
Figura 47: Produto 1 - caixas organizadoras.	119
Figura 48: Produtos 2 - Jardineira Caixote.	120
Figura 49: Produto 3 - Pranchetas.	121
Figura 50: Produto 4 - Luminária foguete e referência Juice Salif – Philippe Stark.	122
Figura 51: Produto 5 - Prancha de surf de corpo.	123
Figura 52: Produto – 5 Linha praia (1) Raquetes de frescobol e (2) Prancha.	123
Figura 53: Produto 7 - Comedouro PET, plano de corte e processo produtivo.	124
Figura 54: Plano de corte para revestimento.	125
Figura 55: Produto 8 - Revestimento hexagonal.	126
Figura 56: Placa cortada com os revestimentos e rascunho do projeto.	126
Figura 57: Produto 9 - Prateleiras.	127

Figura 58: Produto 10 - Banquinho caipira.....	128
Figura 59 - Produto 10 - Linha UMA, banco e mesa	129
Figura 60: Rascunhos para linha UMA.....	130
Figura 61: Produto 10 - Linha UMA. Banco e Mesa.....	130
Figura 62: Linha escora, vencedora BFDW 2021, por Luciana Duque e Guilherme Martins.	131
Figura 63: Produto 11- Diferentes Módulos da linha Escora.	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para análise dos produtos similares.....	55
Tabela 2: Placas empresas pequenas dimensões.	62
Tabela 3: Dados gerais do Polipropileno.....	67
Tabela 4 - Resultados obtidos no ensaio	72
Tabela 5- Resultados obtidos no ensaio	76
Tabela 6 Comparativo entre outros dados de Polipropileno.....	78
Tabela 7 Comparativo de Polipropileno Reciclado.....	79
Tabela 8 Comparativo entre as Placas e outros materiais de Design.	80
Tabela 9 Tabela 1 - Dimensões dos corpos de prova	83
Tabela 10: Resultados de energia absorvida por área sob o entalhe.	84
Tabela 11: Resultado de Impacto Izod comparado a Polipropileno referência.....	84
Tabela 12: Divisão das perguntas quanto a análise realizada.	109

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society for Testing and Materials

MNCMR – Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PPRs – Placa de Plástico Reciclado

COMLURB – Companhia Limpeza Urbana

COOPAMA – Cooperativa Popular Amigos do Meio Ambiente

Firjan – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro

PCR – Resinas Pós-Consumo

CNC – Controle Numérico Computadorizado

MDF – Medium Density Fireboard

MDP – Medium Density Particleboard

LAMAP – Laboratório de Materiais Poliméricos

INT – Instituto Nacional de Tecnologia

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	16
1	REVISÃO DA LITERATURA	24
1.1	O que são plásticos?	24
1.2	Plástico e a sociedade	26
1.3	Impacto ambiental dos plásticos sintéticos	30
1.4	Economia Circular e os polímeros	32
1.5	Plástico e Reciclagem	36
1.6	Propriedades que caracterizam os polímeros	38
2	PLACAS DE PLÁSTICO RECICLADO	41
2.1	Estágio de Desenvolvimento	41
2.2	Processo Produtivo	44
2.2.1	<u>Pré-produção</u>	46
2.2.2	<u>Produção</u>	49
2.2.3	<u>Pós-produção (Produto)</u> :	53
3	ANÁLISE DE PARAMÉTRICA DE SIMILARES	54
3.1	Resultados e discussão Empresas Grandes	56
3.1.1	<u>Técnicas de trabalho</u> :	58
3.1.2	<u>Preço</u>	59
3.1.3	<u>Mercado/Produtos</u>	60
3.1.4	<u>Indicadores de impacto</u>	60
3.2	Resultados e discussão empresas pequenas	60
3.2.1	<u>Mercado/produto</u>	63
3.2.2	<u>Material</u>	63
3.3	Conclusões	64
4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	65
4.1	Ensaio de resistência à flexão (Amostra Verde)	68
4.1.1	<u>Objetivo</u>	69
4.1.2	<u>Corpo de prova</u>	69
4.1.3	<u>Materiais/equipamentos Informações e condições de análise</u>	70
4.1.4	<u>Resultados obtidos</u>	71

4.2	Ensaio de resistência a flexão (vermelho)	73
4.2.1	<u>Objetivo</u>	73
4.2.2	<u>Corpo de prova</u>	73
4.2.3	<u>Materiais/equipamentos e condições de análise</u>	74
4.2.4	<u>Resultados obtidos</u>	75
4.2.5	<u>Discussão</u>	77
4.3	ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO – TIPO IZOD COM ENTALHE	81
4.3.1	<u>Objetivo</u>	81
4.3.2	<u>Corpo de prova</u>	82
4.3.3	<u>Materiais e equipamentos/ Informações e condições de análise</u>	82
4.3.4	<u>Resultados obtidos</u>	83
4.3.5	<u>Resultados e discussão</u>	84
4.3.6	<u>Conclusão</u>	85
5	DESIGN	86
5.1	Trabalhabilidade	87
5.1.1	<u>Corte</u>	88
5.1.2	<u>CNC</u>	90
5.1.3	<u>Fresa</u>	91
5.1.4	<u>Furação</u>	92
5.1.5	<u>Fixação</u>	93
5.1.6	<u>Colagem</u>	94
5.1.7	<u>Moldagem/dobras</u>	95
5.1.8	<u>Acabamento</u>	97
5.1.9	<u>Impressão</u>	98
5.1.10	<u>Discussão</u>	99
5.2	Modulação e formas	99
5.3	Design e caracterização estética	101
5.3.1	<u>Padronização</u>	103
5.3.2	<u>Formas e proporções</u>	105
5.4	Questionário	108
5.4.1	<u>Resultados e discussão</u>	110
5.4.1.1	Estética	110
5.4.1.2	Características gerais	115

5.4.1.3	Design enquanto possibilidades	116
6	PROPOSTAS PROJETUAIS	117
6.1	Metodologia de projeto	117
6.1.1	<u>Caixas</u>	119
6.1.2	<u>Jardineira/caixote dobra</u>	120
6.1.3	<u>Pranchetas</u>	121
6.1.4	<u>Luminária</u>	122
6.1.5	<u>Linha praia (Vitú)</u>	123
6.1.6	<u>Comedouro PET</u>	124
6.1.7	<u>Revestimentos</u>	125
6.1.8	<u>Prateleiras</u>	127
6.1.9	<u>Banquinho caipira</u>	128
6.1.10	<u>Linha UMA</u>	129
6.1.11	<u>Escora (OBJ Studio)</u>	131
7	CONCLUSÃO	133
	REFERÊNCIAS	138
	ANEXO A – Questionário qualitativo	138
	ANEXO B – Relatório Ensaio de Resistência à Flexão - INT. nº 004/21.....	140
	ANEXO C – Relatório Ensaio de Resistência à Flexão – INT nº 006/21.....	143
	ANEXO D – Relatório Ensaio de Resistência ao Impacto – tipo Izod INT nº 006/21.....	146
	ANEXO E – Tabela de Análise de Similares.....	149

INTRODUÇÃO

Os materiais plásticos, desde que foram inventados por volta da década de 50, vem sendo usados de maneira crescente ao longo do tempo, estando onipresente nos hábitos da vida moderna. Esse crescimento vem acompanhado de impactos ambientais também cada vez maiores, causados por um modelo de produção linear que não retorna o material para seu ciclo de valor. Exemplo disso é que de todas as embalagens produzidas nos dias de hoje, cerca de 32% acabam vazadas no meio ambiente, 40 % dispostas em aterros sanitários e lixões, 14% são incineradas para geração de energia e 14 % coletadas para reciclagem. Das últimas 14 %, encaminhadas para reciclagem, 4% são perdidas durante o processo, 8% perdem valor durante o processo, conhecido como *downcycling*, e apenas 2 % voltam para o mercado através de uma qualidade de aplicação igual ou similar. (ELLEN MACARTHUR, 2016) A partir desse contexto, cresce a demanda pela substituição de materiais plásticos, assim como por processos produtivos que auxiliem a volta desses materiais para cadeia de valor. Placas de Plástico Reciclado (PPRs) (Figura 1) são apresentadas como uma solução para utilização desse material após o consumo, tornando se nova matéria-prima para diversas possibilidades que serão exploradas ao longo do presente trabalho.

Atualmente a produção de materiais plástico encontra-se em escalas extremamente elevadas, apenas em 2018 foram produzidos 359 milhões de toneladas de plástico em todo o mundo (IWANICKI, 2020). No Brasil, esse número foi de 3,5 milhões de toneladas em 2019, segundo estudo do Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (PICPlast), sendo o índice de reciclagem pós consumo no mesmo ano de 24%, representando 838 mil toneladas. (ABIPLAST, 2021). Se por um lado 24% dos plásticos são reciclados, gerando emprego e renda para toda cadeia produtiva, por outro, 76% ainda são encaminhados para aterros e lixões, desperdiçando um precioso material para economia e o ambiente.

Esses números apresentam inicialmente o tamanho do desafio enfrentado e a conjuntura na qual foram desenvolvidas as Placas de Plástico Reciclado. Esse material é produzido a partir da técnica da termocompressão, uma tecnologia que possibilita o trabalho com diferentes escalas e tipos de plásticos, transformando embalagens pós consumos em novas possibilidades de produtos. As placas em questão são produzidas no Rio de Janeiro e oriundas da coleta seletiva urbana, onde os materiais plásticos após serem descartados, são separados e qualificados por cooperativas de catadores.

Figura 1: Placas de Plástico Reciclado.



Fonte: Luciana Duque

As Placas Recicladas têm se mostrado uma solução viável em algumas partes do mundo, transformando o uso de materiais plásticos de uso único em produtos de consumo duráveis. Com isso, são evitados destinos inadequados para esses materiais e suas consequências ambientais, como ocupação de terra, poluição das águas, impacto na fauna, entre tantos outros causados pelo uso e descarte inadequado dos plásticos.

Apesar de exemplos de sucesso em outras localidades, as placas produzidas com o uso de plástico pós-consumo ainda não são uma realidade brasileira e sua inserção no mercado a partir das características nacionais ainda não foram observadas. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é de sistematizar as informações técnicas e de design do material, com intuito de estimular novos interessados e, conseqüentemente, o amadurecimento dessa solução em âmbito nacional.

Com o desenvolvimento da proposta foi possível a produção de relatórios sobre características técnicas, de design, auxiliando futuros usos para as Placas Recicladas a partir do enquadramento de suas características. Assim, são apresentados ao final do trabalho propostas para o uso no design e arquitetura, com alguns produtos autorais, assim como produtos feitos a partir de parcerias, feitos a partir das placas de plástico reciclada.

Problema

O modelo de produção linear, baseado na extração, produção, consumo e descarte dos materiais, é responsável por diversos impactos ambientais amplamente documentados pela ciência. Nos últimos anos tem crescido a ideia de um modelo produtivo circular, onde os materiais e a energia gasta são pensados de forma a retornar ao processo, diminuindo impactos ou até mesmo tornando o processo regenerativo ao ambiente. (ELLEN MACARTHUR, 2013)

A circularidade de processos pode ser entendida como um movimento de aproveitamento contínuo dos materiais e energia, sem que esses terminem em lixões, aterros ou na natureza causando os impactos já conhecidos. Nesse caminho, os materiais são aproveitados como insumo em outros processos, sob novas formas e usos são gerados novos valores continuamente.

As Placas de Plástico Reciclado são produtos que funcionam a partir dessa lógica, transformando materiais plásticos pós-consumo e novas possibilidades. Por outro lado, são identificadas principais **barreiras** para a adoção de novos materiais, como as características **estéticas, técnicas** e o **interesse do consumidor** nesse tipo de produto. Diferentes autores destacam que os requisitos importantes para o desenvolvimento de materiais são de diferentes naturezas, sejam elas econômicas, ambientais, sociais, técnicas, psicológicas entre outras dimensões (ASHBY & JOHNSON, 2002) (CUNHA, 2011). A conciliação desses diferentes fatores dentro do contexto em que ocorre faz parte importante do trabalho do Designer é uma tarefa importante para viabilidade das Placas de Plástico Reciclado aqui estudadas. Nesse sentido algumas perguntas foram formuladas para nortear o desenvolvimento a partir do problema de pesquisa:

- Qual o perfil das características técnicas mais relevantes para a compreensão do material?
- Quais características de Design, tanto em relação às questões de trabalho quanto à estética são mais relevantes?
- Quais são as possibilidades de projetos com as Placas de Plástico Recicladas?

A partir dessas questões foram desenvolvidos os objetivos da pesquisa destacados a seguir.

Objetivos

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de dois objetivos principais. O primeiro foi de delimitar um quadro de características técnicas e de design das Placas de Plástico Reciclado como referencial para a adoção do material para matéria-prima no Design e na Arquitetura; e o segundo, desenvolver propostas de projetos de produtos a partir do material e de suas características, técnicas, estéticas e de design.

Justificativa

A adoção de novos materiais passa pelo conhecimento de suas diferentes características, sejam elas técnicas, estéticas, ambientais, culturais etc. A caracterização dos materiais se mostra como papel central do seu desenvolvimento, tanto na escolha para determinadas aplicações, como no auxílio da forma correta de projetar. Érika Cristina Cunha destaca em seu trabalho sobre placas de Tetrapak reciclado que:

“O trabalho de identificação das qualidades técnicas e estéticas de um material relativamente novo no mercado e apontar possibilidades de usos em ambientes arquitetônicos são formas de buscar um ponto de referência que gere interesse e confiança para a especificação do material. Com a valorização e comprovação de suas propriedades, pode-se instigar o desenvolvimento de design mais arrojado e o aumento na escala de produção das placas recicladas, com maior qualidade e competitividade no mercado de materiais e componentes para construção.”

(CUNHA 2011, p. 4)

Dessa forma, o estudo objetivou analisar o material, delimitando seu quadro de características e propondo possibilidades de aplicação. Dessa maneira, foram testadas as seguintes hipóteses destacadas a seguir.

Hipóteses

- (1) Placas de plástico reciclado são materiais relevantes para uma grande diversidade de aplicações, seja na arte, no design e na arquitetura.
- (2) Suas características técnicas e de design permitem a substituição de diferentes materiais, como pedras, cerâmica, madeira e polímeros virgens.
- (3) A partir do conhecimento das características e do contexto produtivo é possível aperfeiçoar possíveis pontos fracos, assim como destacar as potencialidades do material, desenvolvendo novas possibilidades projetuais.

Metodologia

A metodologia apresentada foi estruturada para fundamentar, dar foco e apresentar os resultados ao final do processo, contribuindo com os objetivos de gerar um quadro de características técnicas e estéticas, assim como desenvolver possibilidades de produtos para com as Placas ao final do trabalho. Nesse sentido, o trabalho pode ser dividido em quatro etapas, nas quais foram realizados diferentes estudos baseados no método científico e técnicas do design industrial clássico, tendo como referência os autores Lobach, Baxter e Pazmino (Figura 2).

Na primeira parte foi realizado a caracterização dos materiais plásticos a partir de revisão da literatura, abordando alguns conceitos que auxiliam a compreensão desses materiais na sociedade. Para isso são descritas: a definição de materiais plásticos, seu desenvolvimento histórico, números de produção na atualidade, impactos ambientais, relação com a economia circular, reciclagem e propriedades técnicas gerais. Todos esses tópicos apresentam alguns fundamentos importantes para a compreensão dos plásticos e as melhores formas de utilizá-lo, como é proposto com as Placas.

Na segunda seção é realizado um recorte quanto ao foco da pesquisa, apresentando as Placas de Plástico Reciclado, e um estudo das experiências de materiais similares no mundo. Para apresentação das placas foi relatado de forma descritiva seu estágio de desenvolvimento, as características do material utilizado para sua produção – o Polipropileno (PP), e as diferentes etapas do processo produtivo. No que diz respeito à pesquisa de similares, foi realizada uma análise de Placas produzidas em diferentes realidades no mundo, contribuindo para o entendimento do material no contexto atual.

Na terceira parte foram investigados as **propriedades mecânicas, técnicas de trabalho e características estéticas** das Placas. Para estudar as propriedades mecânicas foram realizados ensaios de flexão e impacto no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), de acordo com as normas internacionais ASTM (American Society for Testing and Materials). Para as técnicas de trabalho foram feitos experimentos exploratórios em duas oficinas (UmMundo e Artes e Ofícios) com diferentes equipamentos de marcenaria e beneficiamento de materiais. E para as características estéticas foram realizados estudos e desenvolvimento de padrões a partir do design de superfície. Esses tópicos são analisados através de questionário qualitativo aplicados a designer e arquitetos, gerando um quadro final das características técnicas e estéticas analisadas, assim como diferentes possibilidades de projetos.

Por fim, foram realizados diferentes projetos de produtos, apresentando de maneira ampla o potencial das Placas de Plástico Reciclado. A confecção dos produtos foi realizada através de diferentes diretrizes para o Ecodesign e das técnicas pesquisadas, desenvolvidas de maneira autoral e em parceria com outros designers. Sendo assim, foi possível colocar na prática as informações coletadas ao longo do trabalho, confirmando a primeira (1) hipótese do estudo, na qual as PPRs possuem uma considerável diversidade de aplicação e possibilidades de produtos, assim como alcançando o objetivo final do trabalho de gerar alternativas de projetos e produtos com as placas recicladas.

Dessa forma, entende-se que o estudo é de caráter híbrido, atuando de forma descritiva e exploratória, abordando não apenas técnicas de desenho de produto, mas também da ciência de materiais e de concepção criativa, com o intuito de investigar de maneira ampla as possibilidades para Placas de Plástico Recicladas. Nesse sentido, foi possível a produção de materiais de divulgação que abordem as características técnicas, de design, assim como um catálogo de possibilidades de projetos de produtos para diferentes áreas do Design e Arquitetura.

Figura 2: Processo de Design.



. Fonte: Autor

Organização do trabalho

O trabalho está organizado em seis capítulos, apresentando inicialmente a estrutura do trabalho e finalizando com a possibilidade de novos produtos a partir das placas recicladas. Os capítulos 1 e 2 são estruturados de maneira descritiva a partir de revisões realizadas, enquanto os capítulos 4, 5 e 6 foram organizados através de coletas de dados a partir de diferentes métodos, estes apresentados na seção anterior da metodologia. Cada método é aprofundado no início de cada capítulo, seguido pelas informações produzidas e pelos resultados obtidos. No sexto e último capítulo, são apresentadas as realizações a partir dos estudos feitos nos capítulos anteriores, bem como diretrizes para o Ecodesign. Nesse sentido, são apresentadas aplicações para as Placas de Plástico Recicladas, destacando suas características e contribuindo com a apresentação das Placas como material de Design, Arquitetura e Engenharia.

Limites da pesquisa

O presente estudo tem como escopo realizar uma abordagem preliminar em relação às características técnicas e de design das placas produzidas no Rio de Janeiro, não pretendendo esgotar todas as possibilidades de investigação referentes a outras características do material não contemplados nesta pesquisa. Dessa maneira, não foram trabalhadas características térmicas, degradabilidade, reciclabilidade, entre outras, não foram aprofundadas todas as possibilidades de superfícies, assim como os produtos desenvolvidos não passaram por validações e revisões de mercado. Devido principalmente ao tempo, recursos humanos e materiais limitados, o trabalho realizou um recorte das principais informações necessárias para atingir o objetivo final de gerar alternativas para projetos e produtos com as placas, delimitando um quadro de suas características técnicas e de Design.

1 REVISÃO DA LITERATURA

Neste primeiro capítulo é realizada uma revisão dos principais conceitos que fundamentam a pesquisa realizada. Nesse sentido, trataremos de maneira abrangente a definição dos plásticos, seus tipos, história, técnicas produtivas, assim como a relação desses materiais com o ambiente, seu papel na economia e os impactos causados pelo seu processo produtivo. Essa revisão localiza o material analisado na sociedade e apresenta os princípios que estruturaram seu desenvolvimento e possibilidades de aplicação.

1.1 O que são plásticos?

Como ponto de partida dos conceitos que estruturam o trabalho, inicia-se a revisão abordando a etimologia da palavra mais repetida ao longo do texto: plástico (do grego: adequado à moldagem). Esta palavra é usada como uma das diferentes formas de se classificar polímeros, nesse caso a classificação é feita de acordo com seu comportamento mecânico. Além dos plásticos outras possíveis classificações quanto a este critério são as borrachas e fibras (Quadro 1). Segundo Eloisa Mano (1999, pag. 15) “as faixas que demarcam, embora muito fluidamente, os limites do módulo elástico, diferenciando borrachas, plásticos e fibras, são: 10^1 , 10^2 , 10^3 , $10^4 \cdot 10^5$ a 10^6 psi ($1\text{psi} = 0,07\text{Kg/cm}^2 = 7 \times 10^3\text{Pa}$), respectivamente.”

Quadro 1: Classificação dos Polímeros.

Classificação	Característica
Plástico	Material macromolecular que, embora sólido no estado final, em algum estágio do seu processamento pode tornar-se fluido e moldável, por ação isolada ou conjunta de calor e pressão
Borracha	Material macromoléculas que exibe elasticidade em longa faixa, à temperatura ambiente.
Fibra	Termo usado geral que designa um corpo flexível, cilíndrico, com pequena seção transversal, com elevada razão entre o comprimento e diâmetro (superior a 100)

Fonte: Adaptado de MANO,1999, p. 15.

Dessa maneira, os materiais plásticos são polímeros com propriedades mecânicas específicas. Já os polímeros (do grego: muitas partes), são materiais macromoleculares com cadeias longas e quimicamente estruturadas pelas repetições de partes menores, denominadas meros (MANO, 1999, p. 3).

Para além da classificação mecânica, os polímeros podem ser classificados de diferentes formas: quanto a origem, número de monômeros, método de preparação, estrutura química das cadeias poliméricas, encadeamento da cadeia polimérica, taticidade, fusibilidade, comportamento mecânico, entre outros. No quadro abaixo (Quadro 2) são listadas algumas possíveis classificações dos polímeros. A diversidade de possibilidades de classificação também mostra a diversidade de materiais poliméricos, classificados de acordo com diferentes características. Os termoplásticos e termorrígidos, por exemplo, são classificações quanto ao comportamento e ao calor e, enquanto os termorrígidos são infusíveis e insolúveis após sua síntese, os termoplásticos podem ser reprocessados sendo reaquecidos e resfriados repetidamente. “Quanto à escala de fabricação, frequentemente encontram-se as expressões plástico de commodities, (..) e plástico de especialidades”. (MANO, 1999, p. 15) “Sendo os primeiros produzidos em grande escala e os segundo para aplicações técnicas específicas.” (MANO, 1991 pag. 64)

Os materiais plásticos apresentam um amplo leque de características e possibilidades e são hoje materiais imprescindíveis para diferentes tarefas. Em recente documento produzido pela fundação Heinrich Boll (2020), o Atlas do Plástico, foram apresentados os principais feitos pelos materiais plásticos no setor industrial em 2017, onde ao todo foram utilizados um volume de 438 milhões de toneladas. Sendo destes, 3 milhões de toneladas para máquinas industriais, 19 milhões/t para eletroeletrônicos, 29 milhões/t para transporte, 45 milhões/t para bens de consumo, 62 milhões/t têxteis, 71 milhões/t para construção civil, 158 milhões/t embalagens, sendo a maior parte destas descartáveis, e 51 milhões/t para outros usos.

1.2 Plástico e a sociedade.

Os plásticos são materiais imprescindíveis para a vida moderna e usados para um largo espectro de funcionalidades, desde embalagem e sacolas, até próteses médicas e equipamentos usados por astronautas. A fundação Ellen MacArthur (2020) destaca essa importância da seguinte maneira:

“Os plásticos se tornaram o principal material de trabalho e onipresente na economia moderna, combinando propriedades funcionais incomparáveis e baixo custo. Seu uso aumentou 20 vezes na última metade de século e espera-se que dobre nos próximos 20 anos(...). Embora benefícios a economia, o plástico tem desvantagens cada vez mais aparentes”.

(ELLEN MACARTHUR, 2020)

O relatório da ONG Oceana lançado em 2020 traz um panorama geral dos plásticos no Brasil e no mundo relacionando com os principais impactos causados, principalmente em relação à poluição marinha. Segundo o relatório, desde o início da produção de materiais plásticos na década de 50 até o ano de 2017, foram produzidas 9,2 bilhões de toneladas de plásticos e, somente no ano de 2018, 359 milhões de toneladas (IWANICKI, 2020). Na imagem abaixo (Figura 4) é destacada a projeção da produção de plástico para o ano de 2050, apontando um crescimento exponencial. Destaca-se que partir do ano 2000 foram produzidos mais plásticos do que nos 50 anos anteriores.

Figura 3: Evolução do uso de materiais plástico na história.



Fonte: (ZAMORA et al., 2020)

Atualmente os plásticos são usados para uma diversidade enorme de produtos, sendo alguns desses materiais de fácil identificação pelo público em geral. De acordo com a norma europeia, esses materiais devem ser identificados através de números de 1 a 7, que facilitam o reconhecimento pelo consumidor, assim como o processo de separação para logística reversa. No ano de 2015, foram produzidos em todo o mundo, para cada categoria dos plásticos numerados, as seguintes quantidades quanto à porcentagem da produção: (1) 9% PET, (2) PEAD 14 %, (3) PVC 10%, (4) PEBD 17%, (5) PP 18 %, (6) PS 6% e (7) Outros 26% (Figura 5) (ZAMORA et al., 2020).

Figura 4: Porcentagem de quantidade total produzida no mundo por código de reciclagem.



Fonte: (ZAMORA et al., 2020)

Ao contrário do ocorrido no século XX, quando o desenvolvimento de polímeros sintéticos gerou diferentes plásticos, hoje é observada uma diminuição da diversidade e a adoção de menos tipos de polímeros. Esse fato ocorre por diversos fatores, dentre preço, facilidade produtiva e logística estabelecida para a destinação correta desses materiais, que quando concentrada em uma diversidade menor facilita seu retorno para cadeia de valor. Cerqueira (2017) destaca essa tendência da seguinte maneira:

“A diversidade de tipos de plásticos caminhou em direção à convergência, isto é, menos variedade com mais amplitude de aplicação, o que resultou na concentração e no aumento de consumo de determinados polímeros de uso geral, como por exemplo: o Polipropileno-PP, o Polietileno-PE, o Poli(tereftalato de etileno)-PET e o Poliestireno-PS. Outros plásticos tiveram suas demandas aumentadas em decorrência de focar em segmentos específicos de mercado, tais como: o Acrilonitrila-Butadieno-Estireno-ABS em equipamentos eletrônicos, o Poli(cloreto de vinila)- PVC, no setor da construção civil e o Policarbonato-PC, na indústria automobilística. Essas condições ocasionaram a estagnação ou redução produtiva de alguns polímeros, como no caso do Estireno-Acrilonitrila-SAN e do Poli (metacrilato de metila) -PMMA.”

(CERQUEIRA, 2017, p. 36)

Se por um lado há uma tendência da diminuição da diversidade de plásticos, por outro, o aumento da sua utilização é evidente. Segundo Atlas do Plástico (2020), mais da metade do plástico produzido foi fabricado desde 2000 e estima-se que em 2030 mais de 600 milhões de toneladas serão produzidos anualmente (Figura 7) (ZAMORA et al., 2020). De todos os plásticos produzidos os mais importantes são quase todos de origem sintética. Poucos, como o acetato de celulose, são obtidos por modificação química de polímeros naturais (MANO, 1999). Nos últimos anos, tem se percebido um aumento no interesse de plásticos de origem natural, principalmente vegetal, devido aos possíveis ganhos em relação às questões ambientais (CERQUEIRA, 2017), embora sua utilização ainda permaneça pequena em comparação aos plásticos sintéticos.

Quando os materiais plásticos não são descartados em ambientes naturais, como córregos, lagos e mares, as soluções adotadas para o final do ciclo de vida mais usadas são: a incineração, a disposição em aterro ou a reciclagem, sendo a última a mais indicada em relação a indicadores de mudanças climáticas. Vale ressaltar que 95% da energia necessária para produzir 1 quilograma de plástico se deve à extração e refino do óleo, assim a reciclagem se mostra como alternativa importante à medida que a demanda por esse material se encontra em crescimento e soluções para esses materiais são cada vez mais importantes (MARIS, 2014).

Em comparação ao mundo o contexto brasileiro não apresenta grandes diferenças em relação à produção e uso de plástico, sendo o quarto maior produtor de lixo plástico, o que representa mais de 11 milhões de toneladas por ano. De acordo com o Atlas do Plástico, cada brasileiro produz 52 Kg de resíduos de plástico por ano, ou 1 Kg por semana. Soma-se a isso os baixos índices de reciclagem no Brasil, tendo reciclado apenas 2,1% de todos os resíduos coletados em 2019, de acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (ZAMORA et al., 2020). Este cenário ocorre também devido ao baixo alcance da coleta seletiva que chega a apenas 41,4% da população, embora seja esperado, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, um aumento dos números da reciclagem em 20% até 2040.

Apesar das metas para o aumento dos índices de reciclagem, são encontradas algumas barreiras para sua adoção, estas representam desafios para expansão dos materiais reciclados e sua adoção em grandes escalas. Dentre elas pode-se destacar a quantidade e a qualidade do material reciclado, as barreiras técnicas nas aplicações de produtos e a aceitação do consumidor.

1.3 Impacto ambiental dos plásticos sintéticos

Inicialmente, para localizar os impactos ambientais decorrentes dos plásticos sintéticos, é necessário compreender seu ciclo de vida, ou seja, todas as etapas pelas quais o produto passa até a produção de seu resultado final, desde a extração da matéria prima, transporte, síntese, beneficiamento, usos, descarte e pós-consumo. De acordo com a ISO 14.001, o ciclo de vida é definido como “Estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto (ou serviço), desde a aquisição da matéria prima ou de sua geração, a partir dos recursos naturais até a disposição final.” (ISO 14.001, 2015).

De maneira resumida, o ciclo de vida dos plásticos sintéticos de origem do petróleo começam na extração de sua matéria-prima. Após a extração, o petróleo é transportado para as refinarias, onde é separada a Nafta, a parte que dará origem a diferentes monômeros para produção dos polímeros. “Do carvão obtém-se o carboneto de cálcio, que dá origem ao acetato, do qual se derivam muitos monômeros. Do petróleo, retira-se a nafta, cujo craqueamento leva ao etileno e outras olefinas.” (MANO, 1999, pag. 90).

Esses polímeros são insumo para a indústria de transformação que utiliza o material em diferentes produtos. Tais produtos vão para as prateleiras e chegam ao consumidor final para cumprir uma determinada função. Após perder sua função o produto é descartado e, nesse ponto, os materiais plásticos podem seguir diferentes caminhos, sendo alguns deles os lixões, os aterros sanitários, a incineração, a reciclagem química, a reciclagem mecânica, entre outros.

Em todas as diferentes etapas dos ciclo de vida dos plásticos é possível encontrar impactos ambientais associados às atividades produtivas, desde as elevadas emissões de gases de efeito estufa do processo de extração, síntese, produção, até os plásticos presentes no ambiente, nos animais, alimentos e por todas as partes nas etapas de pós consumo. Os impactos referentes ao uso intensivo de energia e emissão de gases não são tão evidentes quanto a poluição após a utilização do material, entretanto representam uma importante contribuição para as metas globais de aquecimento. O Atlas do Plástico (2020) destaca:

“O dióxido de carbono, o metano e uma série de outros gases de efeito estufa são liberados em cada estágio do ciclo de vida do plástico — da extração e refino de combustíveis fósseis, aos processos intensivos em energia que produzem resinas plásticas, ao descarte, incineração, e potencial liberação ambiental de resíduos plásticos. Isso tem grandes implicações nos esforços para atingir as metas climáticas globais. Para evitar ultrapassar a meta de 1,5 grau, as emissões totais devem permanecer abaixo do limite estimado.”

(ZAMORA et al., 2020 p. 30)

Uma crítica frequente em relação aos plásticos está em seu destino pós consumo. Não é raro nos depararmos com fotos e vídeos de montanhas de lixo plástico ou animais que ingeriram grandes quantidades de plásticos. Tais evidências contribuem para o reconhecimento e ações que auxiliem a solucionar esse problema, como destaca Cerqueira (2017):

“Apesar dos plásticos sintéticos dominarem o cenário produtivo, existe uma série de críticas quanto ao seu desempenho ambiental, principalmente, em relação à biodegradação, uma vez que os termoplásticos, ainda que quimicamente estáveis, possuem lenta degradação, seja por ações físicas ou por ações químicas, gerando partículas de “microplásticos”.”

(CERQUEIRA, 2017, p. 38)

Uma característica importante dos materiais plásticos é sua grande resistência e durabilidade. Em direção contrária, diversos produtos de uso único, que terão curto tempo de vida útil, são feitos desses materiais e perdem sua função rapidamente. As embalagens são exemplos desse descompasso e, mesmo após deixarem suas funções, em média 0.5 anos, continuam na natureza por centenas de anos. Pode-se destacar outras aplicações e seus respectivos tempos de vida útil médio, como na construção civil (35 anos), em maquinaria industrial (de 20 a 30 anos), no transporte (13 anos), eletrodoméstico (8 anos), têxteis (5 anos), e bens de consumo (5 anos). (ZAMORA et al., 2020).

Após contextualizar o processo produtivo quanto suas questões ambientais serão abordadas soluções e possibilidades para os materiais plásticos. Nesse sentido, pode-se compreender alguns caminhos a seguir e vislumbrar um futuro diferente do cenário atual. De maneira mais ampla, o conceito da Economia Circular (EC) tem servido para nortear o desenvolvimento de soluções socioambientais, reunindo

diferentes conhecimentos em torno de um objetivo comum de processos econômicos sustentáveis. Sendo assim, o tópico seguinte irá abordar soluções para os plásticos a partir desse conceito.

1.4 Economia Circular e os polímeros.

A partir dos ganhos de escala de um modelo linear na Revolução Industrial, e a observação dos impactos gerados nesse processo, surge a necessidade de se desenvolver outros modelos econômicos e de produção que contemplem as relações da economia e o meio ambiente. Assim surgem as primeiras teorias propondo uma reflexão acerca da relação do homem/natureza. Nesse capítulo discutiremos o pensamento do conceito de Economia Circular e como este se relaciona aos materiais plásticos existentes.

A primeira reflexão importante a se fazer em relação ao conceito de Economia Circular é quanto à etimologia das palavras. Economia é composta pelo prefixo 'eco' que vem do grego *oikos*, que significa 'casa, lar, domicílio, meio ambiente'; e o elemento 'nomia' que significa 'administração ou gestão' (VESCHI, 2019). Isto é, a maneira como gerimos os recursos e o meio onde estamos inseridos, o que produzimos, como produzimos e para quem produzimos. Já a palavra 'circular' tem como origem o latim *circŭlus*, que significa 'roda, anel, área plana limitada pela circunferência etc.' (MICHAELIS, 2020).

Sendo assim, a proposta da Economia Circular pretende propor um sistema de gestão dos recursos da casa de maneira que esses voltem para o sistema através de insumos ou nutrientes, e de um pensamento de circularidade. Essa ideia básica, feita a partir de uma análise das palavras, não é nova e já vinha sendo trabalhada através de outras perspectivas anteriormente. A EC se apropria dessa proposta e aprofunda a perspectiva de uma visão circular dos processos à medida que são desenvolvidos os métodos, processos, indicadores, objetivos, entre outras ferramentas para a implementação desse conceito.

As primeiras definições de Economia Circular começam a ser realizadas na virada do séc. XX, vindas da Ecologia Industrial. O trabalho "An introductory note on the environmental economics of the circular economy", de Mikael Skou Andersen

(2006), aborda de forma inicial a definição do conceito, apontando inspiração da circularidade trabalhada pela Economia Ecológica e Ecologia Industrial. Dessa maneira, o conceito de Economia Circular pode ser compreendido como uma síntese de pensamentos diversos vindo de áreas distintas do conhecimento. Esses foram incorporados e obtiveram uma grande projeção e alcance tanto na academia, quanto no mercado e na sociedade em geral (PONTES, 2019).

No que diz respeito aos materiais plásticos na Economia Circular, tema central da presente pesquisa, é destacado na introdução que os materiais plásticos seguem uma lógica linear de produção. A imagem abaixo (Figura 6), adaptado da Fundação Ellen MacArthur (2020), ilustra o processo atual dos plásticos, apresentando que das 78 milhões de toneladas de plásticos produzidas anualmente 14 % são incinerados ou usados para geração de energia, 40% terminam em aterros sanitários ou lixões e 32 % vazado em áreas naturais.

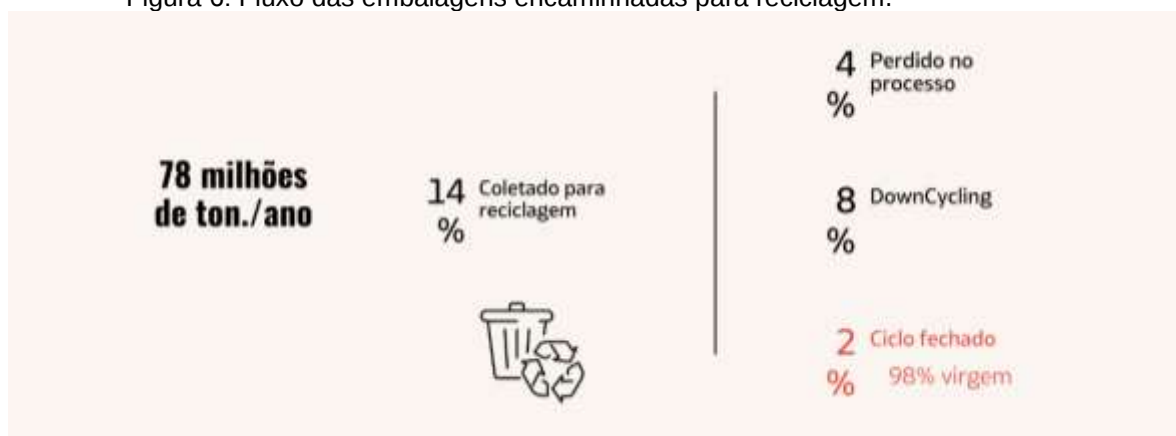
Figura 5: Fluxo linear das embalagens.



Fonte: Autor, adaptado de MacArthur et al. (2020)

Somente 14% desse material é coletado para reciclagem, sendo desses, 4% perdido durante o processo e 8% reciclados em formas menos valiosas do material original (Figura 7). Esses dados contribuem para contextualização do cenário descrito na seção plásticos na sociedade e apontam para a necessidade de ações que façam a economia do plástico menos impactante, construindo ciclos fechados do material.

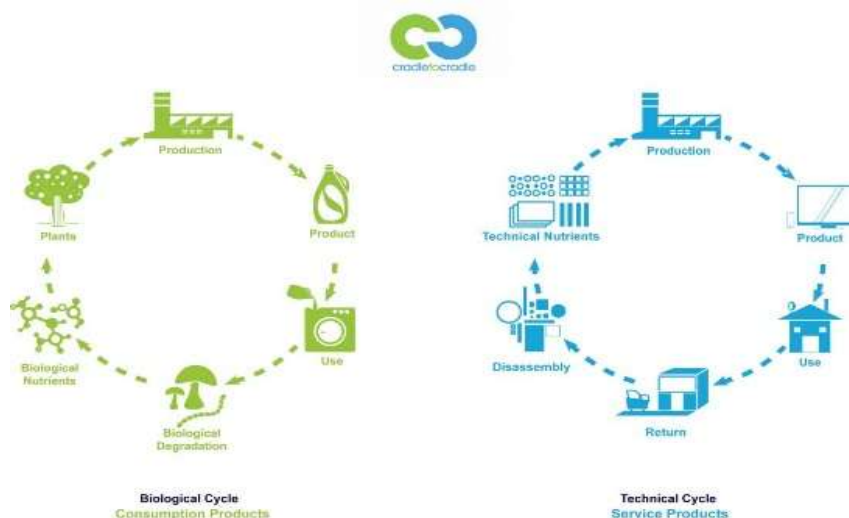
Figura 6: Fluxo das embalagens encaminhadas para reciclagem.



Fonte: Autor, adaptado de MacArthur et al. 2020.

O fechamento dos ciclos é uma das questões centrais da EC, e são trabalhados através de um importante conceito da economia circular, o “Cradle to Cradle” ou “Berço ao berço”, proposto por Braungart e McDonough (2014), que apresentam ideias para criar e recriar ilimitadamente através de processos cíclicos permanentes. O diagrama abaixo (Figura 8) apresenta este conceito, mostrando de um lado o ciclo orgânico, onde os materiais são aproveitados como nutrientes, e do outro o ciclo técnico, aonde os materiais voltam para cadeia produtiva, reciclando e gerando novos valores para materiais técnicos, que necessitam de grandes quantidades de energia para sua produção e geram grandes impactos ambientais, como os metais, minérios, plásticos entre outros.

Figura 7: Diagrama circular Cradle to cradle.



Fonte: Braungart, 2014.

Nesse sentido, a economia como um todo tem se reestruturado para inserir as novas demandas socioambientais de maneira estrutural em seu desenvolvimento. No caso dos plásticos, esse movimento ocorre através de diferentes atores de maneira simultânea. A Fundação Ellen MacArthur (2020) traz uma visão para economia circular dos plásticos através de seis diretrizes: (1) a eliminação de embalagens de plástico problemáticas ou desnecessárias por meio de redesenho, inovação e novos modelos de entrega é uma prioridade; (2) modelos de reutilização são aplicados quando relevante, reduzindo a necessidade de embalagens descartáveis; (3) todas as embalagens de plástico são 100% reutilizáveis, recicláveis ou compostáveis; (4) todas as embalagens de plástico são reutilizadas, recicladas ou compostadas na prática; (5) o uso de plástico é totalmente desvinculado do consumo de recursos finitos; (6) todas as embalagens de plástico não contêm produtos químicos perigosos e a saúde, a segurança e os direitos de todas as pessoas envolvidas são respeitados (MACARTHUR et al., 2020).

Essas diretrizes, assim como outras propostas, trazem uma importante sistematização de questões complexas, contribuindo a partir de uma perspectiva macro e norteando o desenvolvimento inicial soluções socioambientais. A maneira abrangente pela qual as diretrizes são apresentadas apontam também a complexidade do tema e seus desdobramentos. Assim, soluções para transição para uma economia circular dos plásticos apenas serão completas com a participação de todos os envolvidos, que devem ser entendidas como simultâneas e complementares. No relatório da ONG Pew Charitable Trust (2020) intitulado de “Breaking the Plastic Wave”, é destacado o importante papel complementar das soluções para Economia Circular dos Plásticos.

1.5 Plástico e Reciclagem

A reciclagem, apesar de não ser a única, é uma das estratégias essenciais para a Economia Circular dos plásticos. Esta pode ser classificada como **primária**, quando diretamente aproveitada no processo produtivo, **secundária**, através da reciclagem mecânica, **terciária**, quando utilizados processos químicos, ou **quaternária**, quando destinado à geração de energia. Dessa forma, a reciclagem corresponde a um conjunto tecnológico que possibilita a recuperação de materiais a partir de rejeitos industriais ou derivados de pós-consumo. Em outras palavras, Spinacé e Paoli (2005), classificam os diferentes tipos de reciclagem da seguinte maneira:

“Reciclagem primária: consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais por métodos de processamento padrão em produtos com características equivalentes àquelas dos produtos originais produzidos com polímeros virgens; por exemplo, aparas que são novamente introduzidas no processamento.

Reciclagem secundária: conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem, por exemplo, reciclagem de embalagens de PP para obtenção de sacos de lixo.

Reciclagem terciária: processo tecnológico de produção de insumos químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos.

Reciclagem quaternária: processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada.”

(SPINACÉ & PAOLI, 2005, p. 66)

Os processos de reciclagem podem ser desenhados de diferentes maneiras a depender das tecnologias disponíveis, do contexto da aplicação, do grau de exigências do projeto em questão, dentre outras variáveis. No contexto brasileiro, apesar de ser notado um movimento para processos de reciclagem química nos últimos anos, principalmente no que se refere às Resinas pós-consumo (PCR), as

técnicas de reciclagem mecânica são as mais utilizadas. Fatores como baixo investimento para instalação de uma planta de reciclagem, grande volume de polímeros pós-consumo, são destacados por Spinacé e Paoli (2005) para compreender essa realidade. No artigo “A tecnologia para reciclagem de Polímeros” as autoras ressaltam:

“a reciclagem de polímeros, bem como o método de reciclagem a ser empregado, depende de vários fatores, como a quantidade e a qualidade do material, o custo do material e do processamento e a existência de mercado para o produto final.”

(SPINACÉ e PAOLI, 2005, p. 71)

De maneira geral, na reciclagem primária, secundária e terciária (quando não usada para produção de combustíveis), são usadas tecnologias tradicionais de beneficiamento do plástico em alguma etapa do retorno do material a cadeia de valor. Destaca-se que, apesar de técnicas similares serem usadas tanto para polímeros virgens quanto para os reciclados, a padronização do material influencia diretamente nos processos de fabricação e devem ser compatibilizados com as propriedades, composição, origem e recursos tecnológicos disponíveis. (CERQUEIRA, 2017). Nesse sentido, a perda de propriedade do polímero reciclado devido à taxa de cisalhamento, faz a necessidade, por vezes, de acréscimo de materiais plásticos virgem, encarecendo o processo o processo produtivo.

As principais técnicas de beneficiamento de produtos plásticos, tanto para processos tradicionais, quanto para reciclagem, são similares no contexto brasileiro onde a reciclagem mecânica é a mais empregada. Atualmente, a indústria da transformação no Brasil apresenta o panorama tecnológico, em valores ponderados, da seguinte forma: extrusão 54,6%, injeção 31,4%, sopro 8,9%, termoformação 1,6%, rotomoldagem 0,8%, laminação/pultrusão (compósito) 1%, compressão 0,4, outros processos 1,3% (ABIPLAST, 2019; CERQUEIRA, 2015).

Cada uma dessas técnicas é usada de acordo com as possibilidades oferecidas como cores, acabamentos, escala de produção, entre outras. Vale ressaltar que a combinação de diferentes técnicas pode ser realizada a depender da disponibilidade tecnológica e necessidade de cada projeto. Na tabela abaixo (Tabela 2) são destacados alguns processos de transformação para polímeros de acordo com as

características do processo em relação à cor, pressão e dispersante, assim como as condições do produto ao final do processo em relação ao acabamento que influencia diretamente nos custos e nos produtos oferecidos ao fim do processo produtivo.

Quadro 2: Processos de transformação

Processos de transformação de composições moldáveis em artefatos de borrachas, plástico e fibras.

Processos	Características			Produto
	Cor	Pressão	Dispersante	
Vazamento	+	-	-	Acabado ou semiacabado
Fiação por fusão	+	-	-	Semi-acabado
Compressão	+	-	-	Acabado
Injeção	+	-	-	Acabado
Calandragem	+	-	-	Semi-acabado
Extrusão	+	-	-	Semi-acabado
Sopro	+	-	-	Acabado
Termoformação	+	-	-	Acabado
Fiação seca	-	+	+	Semi-acabado
Fiação úmida	-	+	+	Semi-acabado
Imersão	-	+	+	Acabado

Fonte: MANO, 1999, pag. 66

1.6 Propriedades que caracterizam os polímeros.

As propriedades que caracterizam os materiais são fundamentais para compreensão de seu comportamento, assim como as possibilidades de aplicação em projetos nos quais estes serão úteis. Nesse sentido, “O desempenho dos materiais se relaciona com uma série de características significativas, que podem ser distribuídas em 3 grandes grupos: propriedades físicas, as propriedades químicas e as propriedades físico-químicas.” (MANO, 1991, p. 7)

As propriedades tecnológicas dos polímeros estão diretamente ligadas à sua história produtiva, sendo influenciada por fatores como formulação do polímero, rotina térmica pela qual foi submetido e morfologia da massa moldada. Eloisa Mano (1999) destaca que é de fundamental importância considerar as condições de processamento usadas na moldagem das peças.

Dessa forma, o conhecimento do processo produtivo, assim como das características do material, se faz fundamental para compreensão de sua aplicabilidade em determinados projetos. Para além das possibilidades de uso, o conhecimento das características do material permite manipular os processos pelos quais estão sendo produzidos com intuito de atender a demandas específicas, podendo “ser incorporados aditivos aos materiais poliméricos para modificar uma gama de propriedades, incluindo resistência mecânica, resistência a abrasão, tenacidade, estabilidade térmica, rigidez, capacidade de deterioração, cor e resistência ao fogo.” (CALLESTER, 2016, p. 531)

As características técnicas dos materiais reciclados foram apontadas como umas das principais barreiras para inserção desses materiais no mercado. As perdas de propriedades decorrente do processamento do material ao longo da cadeia da reciclagem se mostra como um fator limitante para adoção de materiais pós-consumo para algumas industriais de transformação. Por outro lado, nota-se um avanço tecnológico que tem cada vez mais aprimorado as propriedades de polímeros pós-consumo e permitido novas aplicações com características similares (CERQUEIRA, 2017, p. 41)

São destacadas abaixo dois quadros (Tabela 3 e 4) que listam as principais propriedades e como estas estão relacionadas aos polímeros. No primeiro quadro são destacadas as propriedades dos polímeros com as diferentes classificações usadas para mensurar cada uma. Já no segundo, são abordadas as propriedades típicas de cada material polimérico, seus comportamentos térmicos e aplicações tradicionais do mercado. Cada uma das propriedades listadas indicam as melhores aplicações para os polímeros de acordo com a necessidade e função que ele irá exercer.

Quadro 3: Propriedades típicas dos polímeros e suas medidas.

Propriedades	Classificação
Mecânica	Resistencia (tração, compressão e flexão)
	Elasticidade e modo de deformação
	Ductibilidade
	Resistência ao choque
	Dureza
	Resistência a abrasão
Térmica	Resistência a fadiga
	Resistencia ao fogo
	Resistencia ao calor
	Expansão térmica
	Capacidade de transferir calor
	Capacidade de armazenar calor
Químicas	Resistencia a agentes corrosivos
	Resistência à oxidação, à degradação térmica, às radiações ultravioletas (UV)

Fonte: Adaptado de Cunha 2011, pag. 24.

Quadro 4: Propriedade típicas dos polímeros.

Quadro 5 - Propriedades típicas de alguns polímeros industriais.

Polímero	Transição Térmica (Co)		Propriedades típicas					Aplicação Típica
	Vítrea	Fusão	Transparência	Rigidez	Resistência à tração (Mpa)	Alongamento	Módulo de Young	
LDP E	-30	120	Translúcido	Dúctil	16	560	250	Sacos
PP	4-12	165	Opaco	Rígido	55	160	1.210	Frascos
PS	100	235	Transparente	Rígido	23	3	3.100	Utensílios
PMM A	105	160	Transparente	Rígido	31	6	3.000	Painéis
PC	150	268	Transparente	Rígido	47	80	2.500	Janelas
PA-6	50	215	Opaco	Rígido	39	250	2.500	Têxteis
NR	-72	28	Translúcido	Elástico	16	800	70	Luvas

Fonte: MANO, 1999 pag. 63.

2 PLACAS DE PLÁSTICO RECICLADO

No terceiro capítulo é apresentado de forma descritiva as principais informações que direcionam o estudo. Dessa forma, é abordado o enquadramento do projeto, apresentando o estágio de desenvolvimento do produto e o processo produtivo das Placas de Plástico Reciclado. Com isso são localizadas as primeiras informações referentes ao projeto, gerando o foco necessário para as análises e o escopo no qual são produzidas as contribuições dos capítulos seguintes.

2.1 Estágio de Desenvolvimento

As Placas de Plástico Reciclado, foram desenvolvidas a partir do Ecodesign, este conceito é fruto de uma derivação do Design, responsável por projetar o meio, seus processos e produtos, de forma sistemática e dinâmica através do raciocínio projetual (*Design Thinking*) e de ferramentas que auxiliam na prática do projeto (LUTROOP, 2006). Dessa forma, o Ecodesign pode ser definido como uma estratégia projetual que visa minimizar impactos negativos e potencializar impactos positivo; sejam eles, ambientais, sociais e/ou econômicos, aliando aspectos funcionais, ergonômicos, de usabilidade e estéticos (HONDA, 2014). Essa estratégia tem sido aplicada para o desenvolvimento de um modelo sustentável em diversas escalas, localidades, processos e produtos, trazendo soluções para problemas diagnosticados pelo modelo industrial de produção em larga escala.

Na prática, o processo de Ecodesign se assemelha aos processos tradicionais do Design, começando através de uma etapa de análise, criando o enquadramento no qual se pretende trabalhar (LUTROOP, 2006). Assim, o processo do ecodesign se propõe a desenvolver produtos que forneçam sustentabilidade para atividade humana, trazendo elementos de outras áreas de conhecimentos, fazendo necessário um trabalho interdisciplinar que possa conectar diferentes perspectiva e expertise. No artigo “EcoDesign: What’s happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue” (KARLSSON & LUTROOP, 2006), destacam a

necessidade de uma visão interdisciplinar através das áreas de Design, Engenharia e Ciências Ambientais.

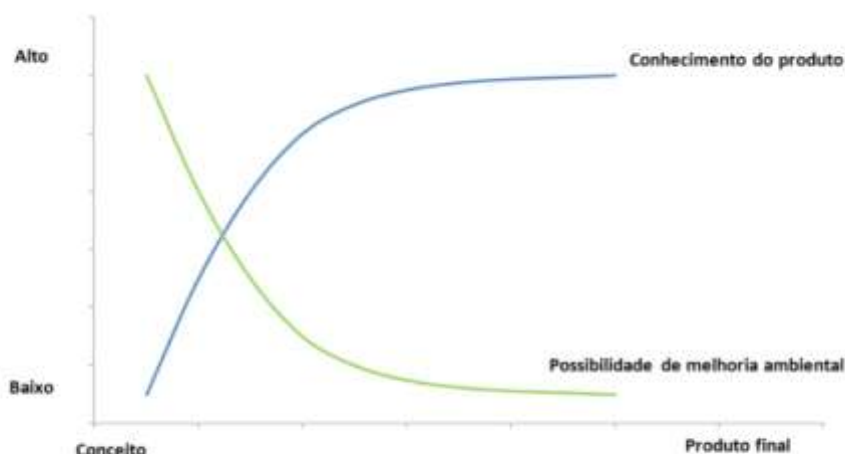
A complexidade que envolve o processo de ecodesign sugere ferramentas de análise e síntese que tornam o processo controlado e racional. Nesse sentido alguns autores separam as ferramentas de Ecodesign em dois grupos: Qualitativo e quantitativo/semiquantitativo. O primeiro, como o nome diz, refere-se a uma abordagem em relação a princípios a serem seguidos como nos exemplos de diretrizes, estratégias e listas de materiais proibidos ou não recomendados. O segundo grupo pode ser destacado exemplos como a Matriz MET (Materiais, energia e toxicidade) e a Análise de Ciclo de Vida - ACV (KNIGH E JANKIND, 2008).

As Placas recicladas foram desenvolvidas a partir de uma abordagem qualitativa, usando como norte diretrizes para economia circular e transformando materiais do ciclo técnico, embalagens plásticas de uso único, em novas aplicações na forma de placas duráveis para arte, design e arquitetura. A partir do momento que o desenvolvimento se consolida e decisões são tomadas, menores são as possibilidades de mudança no produto estudado (Figura 9). Nesse momento, mudanças dentro de um processo passam a ser incrementais e não estruturais, podendo também ser responsável por melhorias relevantes ao final do processo. Luttróp descreve esse raciocínio da seguinte maneira:

“In the early phases of the design of a new product, the knowledge of the product is small, but the designer's freedom is large since nothing is settled yet. In the latter part of the process the knowledge of the product is large but the possibilities to change the design according to this knowledge are few since major decisions have been taken and only minor changes can be made (see Fig. 3). A basic dilemma is that effectual environmental solutions as well as cost allocations are primarily dependent upon decisions made in the early part of the design process.”

(LUTTROP, 2006, p. 1397)

Figura 8: Paradoxo do Ecodesign.



Fonte: (POUDELET et al., 2012).

Por se encontrar em estágio intermediário de implementação, diferentes direcionamentos já foram estabelecidos, como os materiais utilizados e o processo produtivo. Nesse sentido, as questões aqui trabalhadas partem do escopo apresentado nesse capítulo, contribuindo para o amadurecimento do produto e o refino de suas características. Vale ressaltar que questões referentes ao desenvolvimento inicial do material, assim como relativas a aspectos ambientais não foram analisadas de forma direta, sendo focado no desenvolvimento de questões incrementais do processo como características técnicas, de design e possibilidades de projetos como destacado no título do trabalho.

De maneira geral, as PPRs são produzidas no Rio de Janeiro em parceria com as cooperativas de catadores com objetivo de aumentar os índices de reciclagem na cidade, estimulando, ao mesmo tempo, uma importante categoria para a cadeia da reciclagem que se caracteriza pela fragilidade social e econômica, em diferentes aspectos. O modelo produtivo das Placas foi validado recentemente pelo desafio internacional de soluções para economia circular: No Waste Challenge 2021 (Figura 13). O projeto do processo produtivo das Placas de Plástico Reciclado, foi selecionado pela ONG What Design Can Do, dentre 1.040 projetos mundiais para o combate ao desperdício, ficando entre os 10 projetos selecionados para etapa final do Rio de Janeiro e São Paulo. A seguir serão tratadas as principais questões relativas ao material estudado, dentro da perspectiva do seu ciclo de vida.

Figura 9: Desafio no Waste Challenge.



Fonte: ONG What Design Can Do.

2.2 Processo Produtivo

As Placas são produzidas com materiais processados por diferentes cooperativas de catadores, cada uma delas possuem, equipamentos, fornecedores, clientes, escalas e processos distintos, entregando também diferentes materiais. Embora outros polímeros possam ser trabalhados a partir da mesma tecnologia para produção de Placas, como o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e o Poliestireno (PS), neste trabalho foram analisadas apenas Placas de Polipropileno (PP) oriundas de uma cooperativa e um tipo de embalagem, no caso, das tampinhas de garrafas PET, com objetivo de gerar um recorte e maior padronização do produto desenvolvido e das análises.

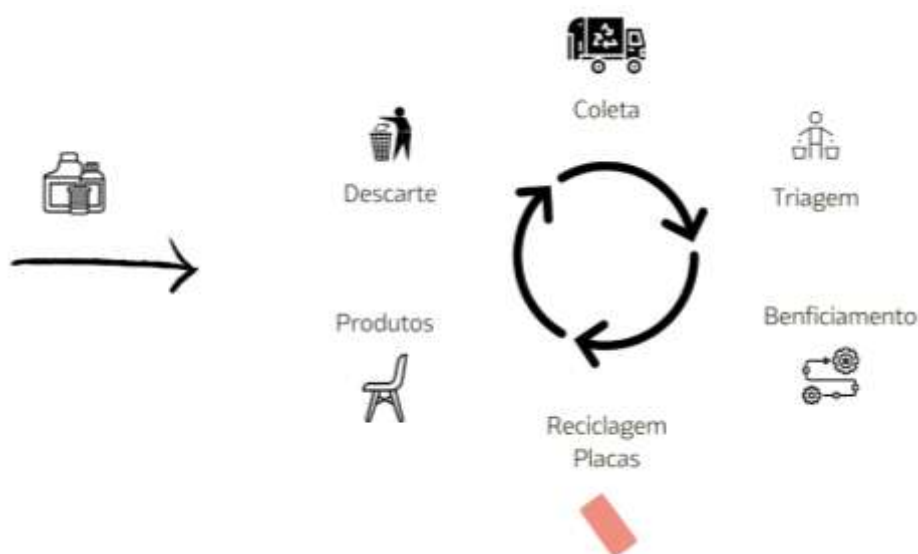
O Polipropileno (PP) é também classificado como *plásticos de commodities* pela sua larga escala de produção e se caracteriza por ser um termoplástico, poliolefina (polímeros com formulação geral C_nH_{2n}), amplamente usadas para diferentes fins, em especial as embalagens. Algumas características marcantes do Polipropileno são a alta resistência química a solventes e baixo custo, sendo aplicado em uma grande diversidade de usos como para-choque de carros, carcaças de eletrodomésticos, recipientes, fitas para lacre, brinquedos, sacaria, carpetes, tubos para carga de caneta esferográfica, bocal de pistolas para aplicação de aerossóis, material hospitalar, seringas de injeção descartáveis, entre outros. (MANO, 1991).

Segundo a publicação Polypropylene: The Definitive User`s Guide and Databook, “placas de polipropileno podem fornecer excelente resistência ao impacto, resistência à perfuração e resistência química a uma variedade de ácidos, álcalis e solventes. Elas exibem bom comportamento de selagem a quente e são livres de plastificantes e estabilizadores à base de metais pesados.” (Maier e Calafut, 1998, p.60)

As características e propriedades dos materiais reciclados são distintas aos materiais virgens. Durante os processos de reciclagem o material passa por diferentes etapas logísticas e produtivas, que podem representar perdas de propriedade dos materiais. Cerqueira (2017) destaca a importância de adaptar o processo produtivo a realidade de cada contexto: “Os sistemas de reciclagem de plásticos deverão ser compatibilizados com as origens, propriedades, composição, e recursos tecnológicos disponíveis.” (CERQUEIRA, 2017, p. 41). Nesse sentido, a descrição do processo produtivo das placas de plástico auxilia também a compreensão das diferentes etapas pelas quais o material passa após o consumo até a transformação, guardando uma relação direta entre seu Ciclo de Vida e o Processo produtivo.

Sendo assim, foi realizada a descrição da produção das Placas a partir de seis etapas: O Descarte, Coleta, Triagem, Beneficiamento, Produção, Produto, novo descarte e assim conseqüentemente (Figura 11). Estas etapas foram divididas em três partes, sendo a primeira da **geração do resíduo/matéria-prima**, a segunda o **processo produtivo** em si, da entrada do material da fábrica até sua saída e a terceira, da transformação em **produto a novas destinações**.

Figura 10: Etapas gerais do Ciclo de Vida das Placas Recicladas.



Fonte: Autor.

2.2.1 Pré-produção.

Por se tratar de um produto fruto da reciclagem de materiais pós-consumo, começamos a descrição do processo na geração de sua matéria-prima, o plástico pós consumo. No Brasil, a produção de resíduo plástico representa 52 Kg por hab./ano ou 1 Kg/semana, sendo o quarto maior produtor desses materiais no mundo com 11,025 milhões de toneladas (ZAMORA et al., 2020). O retorno para o processo produtivo precede de diferentes etapas que qualificam os materiais que serão reintroduzidos na cadeia de valor, para isso após o consumo os plásticos são **descartados, coletados, triados e beneficiado inicialmente**. Cada uma dessas etapas possui graus de complexidade distintos e participam da tarefa, de forma complementar, diferentes pessoas e instituições.

Após o consumo do produto as embalagens são descartadas e assim inicia se o movimento de retorno dos materiais plásticos para cadeia da reciclagem. O Descarte correto é fator determinante para o fechamento do ciclo, facilitando ou dificultando todas as etapas seguintes. Algumas questões que surgem com o descarte é a contaminação do material, que incide no trabalho de coleta e até mesmo a possibilidade de reciclagens futuras. Nessa perspectiva, a cadeia da reciclagem e o ciclo de vida dos produtos é de responsabilidade compartilhada de todos os envolvidos e por consequência do coletivo social, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) destaca que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é:

“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”

(PNRS 12.305, 2010)

O descarte correto ocorre quando os resíduos plásticos são inicialmente higienizados e separados. Nesse sentido, a contaminação dos recicláveis com resíduos orgânicos, além de inviabilizar a potencial reciclagem dos materiais, representam um risco a saúde dos catadores e profissionais da área. Embora não

seja uma lei passível de punição, durante a separação, os resíduos plásticos devem ser acondicionamento em lixeiras vermelhas, de acordo com norma indicada pela resolução CONAMA 275, que versa sobre as cores para lixeiras de cada material, e utilizados sacos transparentes ou translúcido (azul e verde), segundo as normas ABNT NBR 9.191, 93 e ABNT NBR 9.190, de 00, para identificar resíduos recicláveis comuns durante a coleta dos materiais.

Após o descarte os materiais seguem, a partir da coleta seletiva, para a etapa de triagem e separação dos materiais. O processo de coleta do material reciclável ocorre de diferentes formas, sendo realizado por empresas privadas, associações, cooperativas, catadores autônomos e/ou poder público. Apesar da administração municipal ser responsável pela maior parte da coleta dos resíduos recicláveis, outras instituições e programas trabalham de forma complementar, sejam elas grandes geradores ou acordos setoriais, como o realizado com pneus, óleos, lâmpadas, embalagens de óleo.

Vale ressaltar que 90% do material que chega às cooperativas é fruto da coleta seletiva do lixo urbano, realizada pela COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana). No Rio de Janeiro a Companhia de Limpeza Urbana, atende 122 bairros com 26 roteiros diários, recolhendo cerca de 18 mil toneladas por mês em aproximadamente 9 mil logradouros e 26 roteiros diários segundo dados da própria empresa. (COMLURB, 2015)

Em relação aos números dos materiais gerados na cidade do Rio de Janeiro, pode-se destacar, a partir do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS, que 50,7% da composição reciclável presente no lixo domiciliar recolhido na cidade são plásticos. O mesmo documento aponta que “93,2% da destinação final dos resíduos sólidos gerados na Cidade é destinado ao Centro de tratamento de Resíduos em Seropédica, CTR-Ri, 6,3% de Resíduos da construção civil seguem para o CTR-Gericinó, e o restante, **0,5% compreendem o fluxo da Coleta Seletiva.**” (RIO DE JANEIRO, 2014).

Em relação ao estado do Rio de Janeiro, estudo realizado pela Firjan (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro) de 2021 aponta que apenas 20% dos plásticos oriundos dos resíduos urbanos domiciliar são encaminhados para reciclagem. Estes números apresentam o desperdício presente na coleta seletiva no Rio de Janeiro, e corroboram com a necessidade de desenvolvimento de fluxos para reciclagem dos materiais pós-consumo.

Apesar dos baixos índices de material encaminhado para reciclagem, em relação ao volume gerado, o pouco que segue este caminho gera impactos positivos para muitas pessoas. No Brasil o setor da reciclagem tem um forte papel social, tendo uma presença marcante de catadoras e catadores de materiais recicláveis. Este setor é responsável pela geração de emprego e renda para muitas pessoas, sejam elas trabalhadores informais ou organizados em cooperativas. Segundo estimativa do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) estima-se:

“que existam cerca de **800 mil catadores e catadoras** em atividade no país, a maior parte dos catadores são do gênero feminino, cerca de 70% da categoria. Os catadores são responsáveis pela coleta de 90% de tudo que é reciclado hoje no Brasil. Há diversas estimativas de catadores variam entre 300 mil a 1 milhão de pessoas sobrevivendo da coleta de materiais recicláveis, segundo levantamento do MNCR e Departamento de Economia da Universidade Federal da Bahia – GERI, 2006.”

(Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, 2019)

Nas cooperativas de catadores é realizada a etapa de triagem do material, com diferentes graus de separação, selecionando inicialmente os plásticos quanto aos tipos de polímero utilizado para sua produção e as diferentes cores. Essa etapa pode acontecer de diferentes maneiras a depender da cooperativa que realiza a tarefa e sua estrutura de negócio. Em alguns casos as cooperativas fazem a venda do material “solto” diretamente após a triagem, em outros é realizado o enfardamento, diminuindo o volume do material e facilitando o transporte para outras empresas que farão próximas etapas de beneficiamento, e em outros casos a própria cooperativa é responsável pelo trabalho de trituração do material fazendo a venda direta dos chamados “*flakes*” usados para a produção das Placas. Apesar da utilização de diferentes materiais para o processo produtivo, optou-se por abordar apenas um tipo de material vindo diretamente do beneficiamento da cooperativa.

Dessa maneira, o material utilizado atualmente para a produção das placas é o plástico Polipropileno pós-consumo, separado e triturado na forma de “*flakes*”. A cadeia da reciclagem atua na prática de maneira complexa e cada uma dessas etapas pode acontecer com diferentes atores envolvidos e até mesmos seguir para processos mais elaborados, com na limpeza e secagem do material triturado, e até mesmo na produção de “*pellets*” plásticos após o processo de extrusão. Em cada uma dessas

etapas ocorrem uma transformação de qualidade no material e sua conformidade para o processo produtivo que se segue.

Atualmente, o material triturado e limpo em forma de Flakes é utilizado para produção das placas gerando diferentes padrões coloridos (Figura 12), estes serão estudados no capítulo seguinte durante a análise das características estéticas e de design. Abaixo são apresentadas diferentes cores dos plásticos usado como matéria-prima para a produção das placas.

Figura 11: Diferentes “Flakes” usados para produção das PPRs.



2.2.2 Produção.

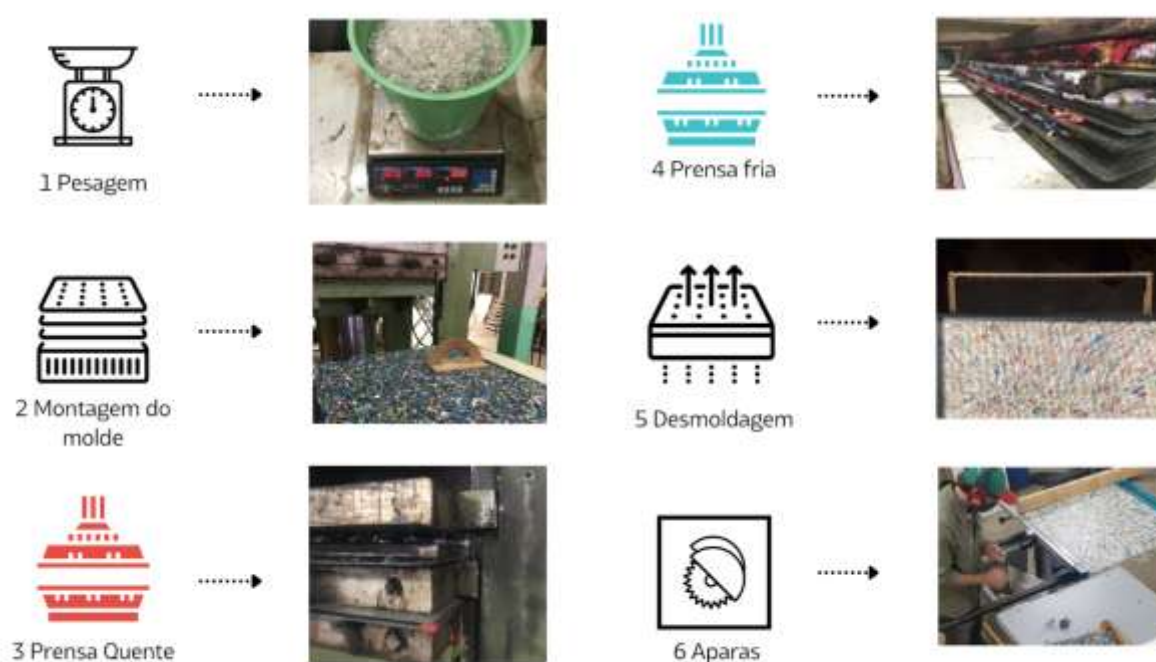
As Placas de Plástico Reciclado aqui estudadas começaram a ser produzidas no Rio de Janeiro em 2021. Seu processo produtivo se dá através da técnica reciclagem mecânica, a termocompressão, que, como diz o nome, consiste na compressão de material plástico triturado e limpo a partir de tempo, temperatura e pressão determinados. Como resultado, são produzidas placas de plástico de diferentes espessuras e composições de cores, a partir de material pós-consumo e de diferentes moldes utilizados.

Nos processos mais usuais de produção de chapas e placas de plástico geralmente são usadas duas técnicas, a extrusão ou a calandragem, ambas são usadas para produções em grande escala, onde dificilmente é possível fazer alguma variação durante o processo e o controle do material utilizado deve ser elevado. A técnica da termocompressão, embora tenha uma escala menor de produção, consegue produzir uma diversidade de matérias de forma simultânea com variações de espessura e coloração, além de possuir um investimento inicial menor se comparada à extrusão e a calandragem. Por se tratar de uma técnica usada para materiais pós-consumo, a manutenção e limpeza do equipamento também são pontos favoráveis quando comparados aos anteriores.

No mercado brasileiro a técnica de extrusão é a mais utilizada, com 65 % de todos os processos produtivos, seguida por injeção 32,9%, termoformação a vácuo 0,7% e rotomoldagem 0,5% (ABIPLAST, 2019). De todos os processos que utilizam a extrusão, 47% são para fabricação de filmes plásticos e 23% são para fabricação de chapas que são utilizadas como insumo para produção de embalagens termoformadas e acessórios da linha branca, como geladeiras e micro-ondas (ABIPLAST, 2019). Esse cenário aponta para a necessidade de diferenciação do produto desenvolvido para os materiais tradicionais, assim como a possibilidade da utilização de técnicas de termoformação estabelecidas no contexto brasileiro. Essa e outras técnicas serão abordadas na seção de Design.

Dessa maneira, algumas etapas de produção podem ser destacadas para delimitar o processo produtivo. São elas a pesagem, montagem do molde, prensagem a quente, prensagem a frio, desmoldagem e aparas/esquadro (Figura 13). Ao final, são entregues Placas de Plástico Reciclado de diferentes espessuras e padrões de cores, manipulados durante as diferentes etapas produtivas somadas as características do material recebido beneficiado na pré-produção.

Figura 12: Etapas do processo produtivo.



Dentro do processo produtivo, o material chega na forma de ``Flakes`` triturados e separado por cores, e é **pesado** de acordo com a espessura desejada, atualmente são produzidas placas de 4 mm, 6 mm, 12mm e 20 mm, que foram pensadas de acordo com a indústria moveleira usadas em tampos, portas, e fundos de gaveta. O peso utilizado para cada espessura pode variar de 3,5 kg até 11 kg, com a capacidade de até 40 placas por dia, ou 25,2 m². Seguido da pesagem, o material é **acondicionado no molde**, este é composto de três partes, duas chapas contínuas e um esquadro que formam uma espécie de “sanduiche”, que irá para a prensa quente.

O molde preenchido segue para **prensa aquecida** a aproximadamente 200 graus celsius, onde fica por tempo determinado também para cada espessura, variando de 10 a 20 minutos. Durante a prensagem quente a transferência de energia térmica ou transferência de calor, se dá por condução, ocorrendo no interior dos sólidos em razão da diferença de temperatura, sem que ocorra a transferência de matéria, até que se atinja a condição de equilíbrio térmico. Dessa forma, o calor da prensa é conduzido através das chapas do molde para o material até a energia necessária para transformação do plástico em estado fundido.

Após o derretimento do plástico, o molde é extraído da prensa quente e segue para a **prensa fria**, onde ocorre o resfriamento do material até a sua conformação em placas. Para otimizar esse processo, é utilizado água gelada como fluido de resfriamento, que é distribuída de forma uniforme em toda a superfície do molde, garantindo o balanceamento da troca de calor nas placas de forma homogênea, sendo necessário para a padronização do produto, evitando problemas estruturais e garantindo a qualidade superficial e interna. As diferentes rotinas de aquecimento e resfriamento são determinantes para as propriedades do produto, sendo a padronização desse processo fundamental para garantia de qualidade.

Após o resfriamento do plástico, o material é estabilizado na forma de placas e encaminhada para **corte das aparas**, formadas nas laterais do molde durante o processo de produção. Nesse momento, as placas são cortadas nas dimensões padrão, sendo o tamanho das chapas de 90 cm por 70 cm. Assim, se conclui o processo produtivo das Placas de Plástico Reciclado, chegando na conformação final do material (Figura 14).

Pode-se destacar algumas características iniciais que aparecem após a produção, como pequenas diferenças estéticas entre as duas faces, com o lado inferior concentrado fragmentos de plástico de menor tamanho, e na parte superior os plásticos com maior tamanho, formando padrões ligeiramente diferentes. Outra característica é a diversidade estética, fazendo de cada uma única, apesar da possibilidade de manipulação e a produção de padrões gerais. Por fim, as Placas seguem para os processos de beneficiamento, para então se tornarem produtos em diferentes formas para diversas funções.

Figura 13: Placas de Plástico Reciclado.



Fonte: Autor

2.2.3 Pós-produção (Produto):

Ao final do processo produtivo, as Placas se apresentam como uma matéria-prima utilizada para diferentes produtos de Design e Arquitetura, sendo produtos similares realidade em diferentes localidades. No próximo capítulo, são apresentadas análises de produtos similares, finalizando o contexto produtivo e o enquadramento do trabalho a partir de uma perspectiva comparativa. Dessa forma, através da experiência de outras empresas e projetos, é possível traçar um paralelo com as Placas aqui trabalhadas, direcionando a caracterização técnica e de design, assim como o desenvolvimento dos produtos.

3 ANÁLISE DE PARAMÉTRICA DE SIMILARES.

Como forma de aprofundar as questões da pesquisa, e compreender como fabricantes de materiais similares trabalham atualmente, foi realizada uma análise sincrônica ou paramétrica. Segundo Ana Veronica Pazmino (2015), a análise paramétrica “é uma ferramenta que serve para comparar os produtos em desenvolvimento com produtos existentes ou concorrentes, baseando-se em variáveis mensuráveis, ou seja, podem ser medidas. Permite avaliar aspectos quantitativos e qualitativos.” (PAZMINO, 2015, p. 64). Dessa forma, o processo de design está inserido dentro de uma perspectiva global de empresas que trabalham com a produção de Placas de plástico Reciclado.

Para a realização do estudo, foram selecionadas empresas de grande e pequeno porte separadamente, a partir de um recorte de escala de produção. Essa separação se deu com intuito de auxiliar as análises de acordo com os diferentes trabalhos realizados e os respectivos modelos produtivos, contemplando de forma mais abrangente diferentes empresas produtoras de Placas recicladas.

Empresas de grande porte foram pesquisadas através do mecanismo de busca na plataforma Google, por entender a importância de sua usabilidade e alcance, enquanto as empresas de pequeno porte foram pesquisadas pela rede social Instagram, devido sua facilidade de comunicação para empresas desse tamanho. Os dados coletados foram organizados e analisados em planilhas, utilizando o programa Excel, e posteriormente foram descritos os resultados (Anexo E). A classificação quanto ao tamanho da empresa se deu de forma empírica através da análise das redes, não se baseando necessariamente em números levantados.

Como critério de seleção foram listadas apenas empresas que trabalham com placas de plástico reciclado compostas de HDPE e/ou PP, nos tamanhos aproximados das placas de 90 cm x 70 cm, como os materiais aqui estudados. Não foram listadas empresas que trabalham com placas em dimensões reduzidas, pois possuem limitações em relação à aplicação e produtos, assim como não foram listadas empresas que utilizam apenas outros tipos de plástico para confecção de placas, apesar de algumas empresas produzirem outras variedades de placas para além do HDPE e o PP reciclados terem sido contempladas.

Alguns parâmetros comparativos foram selecionados com o intuito de comparar os dados, auxiliando a interpretação das questões referentes aos materiais. Segundo Baxter (2000):

“um parâmetro comparativo é algo que pode ser medido e geralmente se refere às medidas dimensionais (como metros, quilogramas, newtons e outras). Contudo, a análise paramétrica de um problema ou produto geralmente abrange aspectos quantitativos, qualitativos e de classificação.”

(BAXTER, 2000, p.72)

Nesse sentido, pode-se destacar que os parâmetros usados foram: nome do fabricante, tamanho da empresa, site, redes sociais, material, dimensões, espessura, técnicas de trabalho, características informadas, preço, estilo, cor, mercado, produtos, sensação, indicadores de impacto ambiental, comentário, fotos (Tabela 6).

Tabela 1: Parâmetros para análise dos produtos similares.

Parâmetros	Exemplos
Quantitativos (expressos numericamente)	Tamanho, peso, potência, resistência, preço, Medida quantificável de sua eficiência, Durabilidade. Funcionalidade, conforto, cor, forma, preço, dimensões, material, processo de fabricação etc.
Qualitativos (Comparar e ordenar produtos, sem medida absoluta)	Grau de conforto, melhor desempenho, facilidade de uso, ergonomia. (Estilo: sofisticado, moderno, alternativo, arrojado; Sensação: emoção, alegria, aconchego, agitação)
Classificação (Características dos produtos)	Indicam certas características dentre diferentes possibilidades. Nome do produto, designer, produtor ou empresa, função e uso, ciclo de vida, materiais.

Fonte: adaptado de Baxter 2000 p. 72.

3.1 Resultados e discussão Empresas Grandes

Foram listadas ao todo nove empresas com porte grande (Figura 14), de oito diferentes nacionalidades, sendo estas: França, Reino Unido, Holanda, Estado Unidos, Singapura, China (Taiwan), Austrália e Índia – e algumas com mais de uma nacionalidade, o que indica que este modelo e produto tem crescido e se mostrado viável em diferentes realidades e nações. Dentre os países encontrados três empresas são do Reino Unido, três dos Estados Unidos, duas holandesas e uma da França, Índia, Singapura e China (Taiwan), países que apresentam uma diversidade cultural considerável e que se destacam por possuírem economias fortes.

A partir da análise dos sites institucionais dos empreendimentos, identificou-se dois tipos de produtos distintos que se refletem em estratégias de comunicação e estrutura da empresa. O primeiro pode ser destacado pelas empresas Le Pavé, The Good Plastic Company e o Smile Plastic que oferecem um produto voltado para as questões estéticas e de design, possibilitando padrões coloridos e diversidades de materiais trabalhados (Figura 15). Para esses empreendimentos, são usados um estilo moderno para comunicação visual, podendo ser destacada uma frase usada na descrição das placas pela Good Plastic Company que apresenta a características das cores e dão uma boa noção do trabalho realizado: “As cores da tendência atual da Pantone para garantir que seus designs sejam tão elegantes quanto modernos.”

Figura 14: Placas recicladas das empresas de grande porte.



O segundo tipo de produto é realizado por empresas que se voltam para os setores de escala com placas menos diversas e pretas, fruto da mistura de diferentes materiais. Nesses casos, as empresas possuem também uma diversidade maior de produtos a partir de diferentes polímeros plásticos, com processos tradicionais utilizando resinas virgens, sendo as placas de plástico reciclado anexadas a processos tradicionais de produção de plástico, aproveitando a infraestrutura existente. Essa questão influencia diretamente no modelo de negócio à medida que as placas se tornam apenas mais um produto dentre outras possibilidades oferecidas e a reciclagem é utilizada como uma questão marginal dentro do processo da empresa.

Outra diferença importante a ser destacada, é que a técnica para a produção das placas de plástico reciclado pode se diferenciar de acordo com os produtos oferecidos entre termocompressão, calandragem e extrusão. Enquanto a termocompressão possui a possibilidade de manipular a coloração e os materiais com maior flexibilidade, a calandragem e a extrusão oferecem uma maior escala de produção e a confecção de dimensões maiores de placas, por se tratar de um processo contínuo

A mistura dos plásticos representa uma desvantagem ambiental a medida que esse produto sofrerá uma dificuldade de reciclagem futura. No que diz respeito à matéria-prima, foi observado nas empresas que trabalham com escala, o uso tanto do material triturado e limpo na forma de Flakes, como do material pós-consumo que passou pelo processo de pelletização – ou seja, transformado em pellets novamente. Esse material, ao contrário do material apenas triturado e limpo, possui uma padronização superior, facilitando de maneira significativa as rotinas de trabalho e a qualidade das placas entregues ao final do trabalho.

Por outro lado, as empresas de design utilizam uma maior variedade de plásticos, possibilitando usos mais específicos dependendo do material plástico selecionado, assim como a manipulação de cores e padrões. Para atingir essa diversidade é necessário um trabalho preciso de seleção, classificação e testes constantes, o que representa um trabalho adicional e que influencia diretamente no valor das placas comercializadas.

De maneira geral, nota-se que o enfoque das grandes empresas está direcionado exclusivamente para as questões ambientais, deixando as relações sociais dos resíduos pouco abordadas durante a comunicação do processo. Isso ocorre também devido à estrutura dos países analisados, os quais não possuem catadores de materiais recicláveis como categoria fundamental para a gestão desses resíduos.

No que diz respeito às dimensões e espessura das placas produzidas, as empresas grandes possuem tamanhos padrões que facilitam a comercialização e comunicação, além de atenderem outras medidas sob encomenda. As dimensões mínimas encontradas para o tamanho da placa foram de 1m², pela The Good Plastic Company, enquanto as dimensões maiores chegam a 2,4m X 1,2m, podendo também ser solicitadas placas em dimensões maiores, como na Reprocessed Plastic Inc., que permite encomendar as medidas desejadas. Em relação às espessuras, foi encontrada uma grande variação de possibilidades oferecidas, sendo as medidas de aproximadamente 8mm, 12mm e 20mm as mais encontradas. Tais medidas correspondem também às medidas do mercado de compensados, sendo utilizadas, em geral, para confecção de tampos (~20mm), portas (~12mm) e fundo de gaveta (~8mm). A variação da espessura se mostra facilitada, pois não dependem diretamente das dimensões do equipamento utilizado, sendo a quantidade de material a principal variação necessária.

3.1.1 Técnicas de trabalho:

Um dos fatores de grande importância em relação aos materiais comercializados são as possíveis técnicas de trabalho com as placas de plástico reciclado. A venda de placas para o beneficiamento local e descentralizado, por exemplo, é fundamental para atingir a escala pretendida, assim como possibilitar uma diversidade ainda maior de aplicações. Nesse sentido, praticamente todas as empresas apresentam algumas estratégias para explicar as características do material e suas questões de trabalho. Pode-se destacar estratégias como documentos técnicos explicativos, assim como fotos e vídeos em redes sociais com essas informações detalhadas. Por outro lado, aquelas que não apresentam grandes

detalhes das possibilidades, se colocam como beneficiadores e oferecem o serviço de produção do produto desejado pelo cliente. Essa estratégia evita eventuais erros técnicos dos clientes, possibilita a reciclagem interna de retalhos necessários, bem como aumenta as possibilidades de surgimento de novos negócios.

As placas possuem um grande leque de possibilidades, se assemelhando com outros materiais consolidados no mercado, principalmente os aglomerados e compensados de madeira. Dentre as técnicas usadas para o beneficiamento pode-se destacar que as placas podem ser usinadas, furadas, cortadas por serras de madeira e/ou router CNC, lixadas, fixadas por parafusos, coladas (com restrições) e termoformadas, o que aponta para uma grande variedade de possibilidades e mercados.

Para além das técnicas apresentadas, foram pesquisadas também as características informadas pelo fabricante, com intuito de compreender a abordagem realizada para comunicar o produto em cada caso. Nesse ponto, as informações destacadas pelos fabricantes variaram de madeira considerável em graus de profundidade, porém algumas informações foram observadas em todos como: o material de origem reciclada, a resistência a água, cupins e apodrecimento e acabamentos possíveis. Outras empresas apresentaram manuais detalhados das características como apontado anteriormente.

3.1.2 Preço

Todas as informações relativas aos materiais são representadas pelo preço final de venda, sendo este fundamental para viabilizar os produtos no mercado. Em relação às empresas selecionadas, cinco delas fornecem o preço por consulta a partir da quantidade e especificidade das placas produzidas, como tamanho e espessura. As empresas que já apresentam o preço de venda para o produto mostraram uma grande variação de valor entre elas, sendo as mais caras, produzidas pela Good Plastic Company na Holanda, chegando até €150/m² (R\$909 em conversão 17/10/22); e as mais baratas, até 322 rupias indianas (ou R\$22,70 em conversão 17/10/22), oferecidas pela Nasa na Índia. Essa variação ocorre pela diferença do processo produtivo, localidade, mercado, dentre outros fatores.

3.1.3 Mercado/Produtos

De maneira geral, todas as empresas analisadas atendem mercados similares, como construção civil, mobiliários, artigos de decoração, entre outros. Nota-se que ocorrem variações de acordo com o nicho no qual a empresa quer ser inserida, assim como o que cliente está comprando. Enquanto algumas empresas vendem diretamente para o cliente final, outras procuram comercializar em grande quantidade com outras empresas que utilizam o material como insumo para seus processos.

3.1.4 Indicadores de impacto

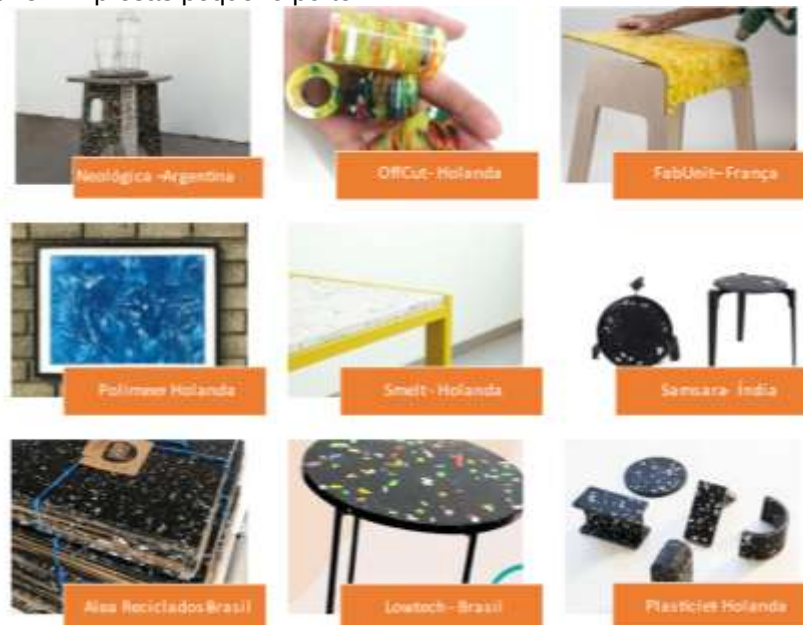
Os indicadores de impacto apresentados pelas empresas também apresentam repetição, como quantidade de plástico reciclada, quantidade de embalagens recicladas e a possibilidade de reciclagem das placas posteriormente. Algumas empresas apresentam pontualmente informações relativas a seus processos, como emissão de carbono, uso de energia renovável, economia de água e material, entre outros, os quais ilustram os benefícios ambientais da escolha do material reciclado. Em nenhuma das iniciativas foi observada a questão da responsabilidade social como um pilar do processo.

3.2 **Resultados e discussão empresas pequenas**

Como seguimento na análise sincrônica e de forma a abranger amplamente as iniciativas que trabalham com placas de plástico reciclado, foi realizado na segunda etapa a análise de empresas de pequeno porte, ou seja, aquelas que produzem em pequena escala – principalmente para o desenvolvimento de produtos internamente, não tendo como objetivo a venda de placas diretamente. Nesse caso, também foram selecionadas 9 empresas e projetos que possuem modelos de negócio nesse sentido,

essas localizadas em cinco países diferentes: Argentina (1), Holanda (4), França (1), Índia (1) e Brasil (2) (Figura 16).

Figura 15: Empresas pequeno porte.



Fonte: Autor.

Dentre as iniciativas mapeadas, os materiais mais trabalhados são o PP e o PEAD, que foram usados em praticamente em todas as iniciativas. Para além desses materiais, foram usados também o PC, PS e o PLA como opções em menores quantidades. A produção em pequena escala possibilita uma diversidade maior da matéria-prima em relação às empresas grandes, sendo notada também uma grande diversidade de cores nas placas. Por outro lado, aquelas empresas que possuem uma maior organização conseguem desenvolver cores padronizadas, o que facilita a comunicação e a venda dos produtos.

No que diz respeito às dimensões das placas, foi observado que nas empresas pequenas as placas produzidas são bem menores em comparação às empresas grandes, o que está diretamente ligado ao maquinário utilizado (Tabela 7). A maioria dessas empresas utilizam prensas de fabricação própria, o que limita a produção em poucas placas por ciclo produtivo. Nota-se que esse movimento foi estimulado pelo projeto Precious Plastic, iniciativa que começou na Holanda e atua como uma rede internacional para o estímulo a recicladores, através do desenvolvimento e compartilhamento de processos mecânicos de reciclagem de plástico.

Tabela 2: Placas empresas pequenas dimensões.

Projeto	Dimensão	Espessura
Necologica	70 cm x 70 cm	~ 18 mm. (Info estimada)
Offcutstudio	18cm x 18cm	Diversa
Fab Unit	1m x 1m	Diversa
Polimeer	90cmx 69cm	8mm, 19mm
	42cm x 42 cm	
	85cm x 75 cm	
	44cm x 34 cm	
Smelt	X	Diversa
Samsara	48 cm x 48 cm	30mm x 10mm
Alea reciclados	50 cm x 50 cm	~20 mm
Lowtech_sustentabilidade	~ 50 cm x 50 cm	~20mm
	~2m x 50 cm	diversa
Plasticiet	800mm x 800mm	LPDE/HDPE 7mm
		PS 9mm
		LPDE/HDPE 8m x 15mm
		PC 10 mm

Fonte: Autor

Essas empresas se destacam pelos processos de experimentação, trabalhando também com diferentes técnicas de reciclagem de plástico, como extrusão e injeção, também em pequena escala; assim como no desenvolvimento de produtos finais com os materiais produzidos. É importante ressaltar que, devido ao tamanho dos projetos e diferentes graus de maturidade, os processos utilizados podem mudar facilmente, diferente do que ocorre com empresas grandes, nos quais a padronização do processo impede mudanças maiores. Dessa forma, espera-se que os empreendimentos aqui mapeados sofram transformação em pouco espaço de tempo, e o registro dessa análise poderá ser usado para comparação de cenários futuros.

3.2.1 Mercado/produto

As estratégias adotadas pelos empreendimentos de pequeno porte são similares, sendo a venda de produtos feitos internamente o caminho mais adotado. A maior parte desses projetos são desenvolvidos por designers e arquitetos que também atuam em projetos especiais para além dos produtos desenvolvidos. A Plasticiet (Holanda), por exemplo, adota essa como a única estratégia, oferecendo variações de placas e projetando a partir de demandas específicas. Dentre os mercados atendidos, tanto pelos produtos quanto pelos projetos especiais, são o de mobiliário, com produtos como bancos, mesas, prateleiras, tampos de mesa, e o da construção civil, como revestimento de parede, forros e banheiros (bastante utilizadas para áreas úmidas), os mais recorrentes.

3.2.2 Material

Em relação à descrição dos materiais e produtos desenvolvidos as empresas pequenas oferecem menos informações em relação às empresas maiores, incorporando em seus processos o beneficiamento das placas e agregando valor ao produto oferecido. Os indicadores apresentados também aparecem de forma menos detalhada, apresentado basicamente a quantidade de material trabalhado. Por outro lado, nota-se nas iniciativas do Brasil e da Argentina, a valorização das questões sociais relativa à cadeia dos resíduos.

3.3 Conclusões

Como conclusão pode-se destacar algumas empresas que devem ser acompanhadas com maior atenção, devido à qualidade do produto oferecido e estratégias de comunicação, como as empresas de grande porte Le Pavé, Good Plastic Company e Smile Plastic. Em relação às de pequeno porte, pode-se destacar a Plasticiet e a Samsara, como modelos bem estruturados, assim como as empresas brasileiras que atuam em realidades parecidas, como as placas estudadas no presente trabalho.

De maneira geral, os materiais trabalhados apresentaram uma diversidade grande em relação a cores e tamanho. Nesse sentido, duas estratégias se mostraram bem-sucedidas para lidar com as possibilidades, uma é a padronização de algumas cores e formas e outra, a execução de projetos especiais para clientes determinados. Dessa forma, é possível oferecer um produto de maneira regular, podendo aumentar a escala produtiva e evitando novos desenvolvimentos, assim como explorar possibilidades a partir de demandas específicas.

As informações coletadas nessa análise serão utilizadas para as próximas etapas do trabalho, auxiliando na caracterização técnica, na exploração das características de design e na apresentação final em possibilidades de projeto.

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

No que tange as questões técnicas do material, inicialmente foi realizada uma revisão dos dados padrões para o Polipropileno, delimitando um perfil inicial de suas características. A partir disso foram realizados ensaios mecânicos de flexão e impacto para as Placas Recicladas de acordo com as normas internacionais ASMT (American Society for Testing and Materials), no Instituto Nacional de tecnologia (INT). Esse exame delimita as questões técnicas iniciais e o escopo de potencialidade e fragilidades em relação às questões de uso do material, norteados potenciais usos, assim como excluindo possibilidades que não serão abordadas inicialmente.

As propriedades mecânicas estão inseridas no contexto das propriedades físicas que são “aquelas que não envolvem qualquer modificação a nível molecular dos materiais” (MANO, 1991, p.7). Outras propriedades físicas incluem as térmicas, elétricas e óticas, estas que se influenciam mutuamente. Callester destaca que “as características mecânicas dos Polímeros, em sua maioria, são altamente sensíveis a taxa de deformação, a temperatura e a natureza química do ambiente (presença de água, oxigênio, solventes orgânicos etc.” (CALLISTER, 2016, p. 531), sendo o perfil dessas diferentes propriedades um conjunto de características que influenciam diretamente os polímeros de engenharia.

O processo de reciclagem, como abordado previamente, pode causar perdas de propriedades, sendo assim, é fundamental o controle da qualidade do material garantindo que essas eventuais perdas não sejam relevantes para as futuras aplicações. Alguns estudos investigam a importância da reciclagem a partir das diferentes características técnicas, apontando a importância de se caracterizar os materiais reciclados e servindo de comparação para os ensaios realizados nesta seção. Assim, o estudo realizado por Rafael Luiz Engel, da qualidade do polipropileno reciclado destaca:

“O controle de qualidade (caracterização das propriedades) de matéria-prima e produtos obtidos a partir da reciclagem de materiais plásticos torna-se uma etapa indispensável no desenvolvimento de pesquisas sobre reciclagem, para, além da caracterização técnica do material, contribuir significativamente para a conscientização da população quanto ao uso deste tipo de produto. Além disso, o conhecimento das alterações ocorridas nas propriedades de um material influi na otimização do processo de produção.” (ENGEL et al., 2004)

Dessa maneira, as propriedades mecânicas dos polímeros estão diretamente ligadas ao seu processo produtivo, e norteiam as aplicações nas quais serão empregados. Estas propriedades “determinam a resposta dos materiais às influências mecânicas externas; e são manifestadas pela capacidade desses materiais desenvolverem deformação reversíveis e irreversíveis, e resistirem à fratura.” (MANO, 1991, p. 8). Alguns parâmetros típicos que influenciam nessas características são a módulo de elasticidade, deformação na ruptura e o limite de resistência a flexão, apresentados nos resultados dos ensaios realizados.

O material examinado foi o Polipropileno oriundo de tampas de garrafas pós-consumo. Essa escolha foi realizada com objetivo de delimitar um recorte dentre os materiais trabalhados, gerando o foco das análises. Em termos de características mecânicas, o Polipropileno é um material viscoelástico e, conseqüentemente, suas propriedades mecânicas são fortemente dependentes do tempo, temperatura e tensão (força ou carga utilizadas no processamento), e possui uma forte relação com sua cristalinidade. Sendo o aumento da cristalinidade responsável pelo aumento da rigidez, da tensão de escoamento e da resistência à flexão, diminuindo a tenacidade e a resistência ao impacto (MAIER E CALAFUT, 1998). De maneira geral o Polipropileno pode ser caracterizado:

“como um plástico de aplicação geral, do grupo dos termoplásticos. Apresenta como propriedades marcantes: excepcional resistência a rupturas por flexão, alta resistência química e a solventes, propriedades elétricas excelentes, boa estabilidade térmica, baixo peso (peso específico de $0,905\text{g/cm}^3$) e baixo custo. Geralmente é utilizado na confecção de: para-choques de carros, carcaças de eletrodomésticos, brinquedos, recipientes, sacaria, material hospitalar, embalagens, entre outros. A maioria dos polipropilenos é produzida por moldagens por injeção, por sopro ou por extrusão, a partir de compostos reforçados e sem reforços.”

(ENGEL et al., 2004)

Pode-se destacar alguns dados gerais em que influenciam a aplicabilidade do Polipropileno (Tabela 8). Estes são apresentados na tabela a seguir e serviram de base para as análises comparativas realizadas, definindo algumas características inerentes ao material, para além de suas características mecânicas (CALLESTER, 2016).

Tabela 3: Dados gerais do Polipropileno.

Material	
Polipropileno (PP)	
Propriedades do material	Valores típicos
Massa Específica – p. 813	0,905 g/cm ³
Módulo de Elasticidade 816	1,14–1,55 GPa
Coeficiente de Poisson 819	0,40
Resistência e Ductilidade 821 Temperatura ambiente.	Limite de Escoamento 31,0–37,2 (4,5–5,4) (MPa [ksi])
	=
	Limite de Resistência à Tração Alongamento 31,0–41,4 (4,5–6,0) (MPa [ksi])
	Alongamento Percentual (Ductilidade) 100–600%
Tenacidade à Fratura em Deformação Plana 825*	Tenacidade à Fratura 3,0–4,5 - MPa (raiz quadrada) m
	Resistência/ flexão (limite de escoamento) 31,0 – 37,2 (MPa)
Condutividade Térmica 829	0,12 - W/m . K
Calor Específico 832	1925 - J/kg . K
Resistividade Elétrica 835	1014 V . m
Coeficiente de Expansão Térmica Linear 826	146–180 - 10 ⁻⁶ (oC) ⁻¹

Fonte: Adaptado de CALLISTER, 2016.

Nesse sentido, foram selecionados três ensaios para as Placas de Plástico Recicladas de Polipropileno que foram realizados de acordo com a relevância da informação desejada, disponibilidade de equipamentos e tempo para realização das tarefas em relação ao trabalho – todos foram realizados de acordo com as normas técnicas que internacionais ASTM. Sendo assim, os ensaios realizados foram: **Flexão ASTM D790** para placas de 6mm e 12 mm, e **Impacto ASTM D256** para placas de 12mm.

4.1 Ensaio de resistência à flexão (Amostra Verde)

O ensaio de resistência à flexão consiste na aplicação de uma força no centro de um corpo-de-prova específico apoiado em dois pontos previamente dimensionados (Figura 18). A carga inicial parte do valor zero e aumenta gradativamente até que o corpo-de-prova se rompa. No ponto de aplicação da carga, a superfície superior do corpo de prova é colocada em um estado de compressão, enquanto a superfície inferior está sob tração. A tensão é calculada a partir da espessura do corpo de prova, do momento fletor e do momento de inércia da seção transversal. E a tensão de tração máxima ocorre na superfície inferior do corpo de prova, diretamente abaixo do ponto de aplicação da carga (CALLISTER, 2016, p. 543).

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Materiais Poliméricos - LAMAP, vinculado ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Para isso, foram seguidas as normas para ensaio de **Flexão ASTM D790** da American Society for Testing and Materials para placas de 6mm e 12mm.

Os principais parâmetros obtidos durante o ensaio foram os: **módulo de elástico**, ou módulo de *Young*, que representa o coeficiente de elasticidade do corpo de prova, ou seja, razão entre a tensão e a deformação quando a deformação é totalmente elástica; o **Limite de resistência a flexão**, conhecido também como: módulo de ruptura, resistência à fratura ou resistência ao dobramento, ou o valor da tensão máxima que levará o corpo de prova a fratura total quando sujeita ao dobramento, e **Deformação na ruptura**, ou *ductilidade*, que representa a deformação plástica total até o ponto de ruptura do material, quanto mais dúctil é um material,

maior é a redução de área ou alongamento antes da ruptura (ÉRICA, 2019; CALLESTER, 2016, p. 531).

4.1.1 Objetivo

(1) Determinar o Módulo Elástico, (2) Limite de Resistência à Flexão e (3) Deformação na Ruptura das Placas de Plástico Reciclado para comparação a materiais de referência.

4.1.2 Corpo de prova

O material utilizado foi proveniente tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente. O corpo de prova foi submetido ao ensaio na forma de hastes de seção retangular com dimensões aproximadas de 5 x 13 x 130 mm, com duas faces lisas e duas faces contendo visível porosidade. O material possui coloração predominantemente verde e foi definido visualmente com porosidade não-homogênea (Figura 17).

Figura 16 Corpos de prova submetidos as análises:



Fonte: INT - Relatório de ensaio N005/21

4.1.3 Materiais/equipamentos Informações e condições de análise

Para o teste de flexão foi utilizado máquina Universal de Ensaio marca EMIC modelo DL3000, extensômetro marca EMIC modelo EEGA, célula de carga da marca EMIC com capacidade 1 kN. A distância dos apoios (*support span*) utilizada foi de 80 mm e a velocidade de deslocamento do travessão de 2,13mm/min. Estas informações estão descritas no Anexo B (Relatório de ensaio nº 005/21).

Os corpos de prova foram preparados em oficina com auxílio da serra de bancada e realizado pelo autor. O ensaio foi realizado seguindo os parâmetros da norma Procedimentos de Ensaio, conforme com a ASTM D790 - Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Módulo de elasticidade calculado com base nas medições de deformação com extensômetro classe C.

Figura 17 Corpo de prova sendo ensaiado (INT)



4.1.4 Resultados obtidos

As respostas adquiridas de força (P) e deslocamento (D) foram transformadas em tensão (σ_f) e deformação (ε_f) de acordo com as fórmulas a seguir:

$$\sigma_f = \frac{3L}{2bd^2}P \quad \varepsilon_f = \frac{6d}{L^2}D$$

onde L é a distância entre os apoios, b a largura e d a espessura dos corpos de prova. Conforme estipulado pela norma, os valores de tensão são considerados até o máximo de 5% de deformação.

O módulo elástico foi calculado pelo método de corda conforme equação a seguir, entre 0,5% e 0,75% de deformação:

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\varepsilon_{f2} - \varepsilon_{f1}}$$

A Figura 19 mostra as curvas tensão-deformação para os corpos de prova ensaiados. Os resultados de módulo elástico em flexão, limite de resistência à flexão e de deformação na ruptura extraídos das curvas tensão-deformação são apresentados na Tabela 9.

Figura 18 Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio

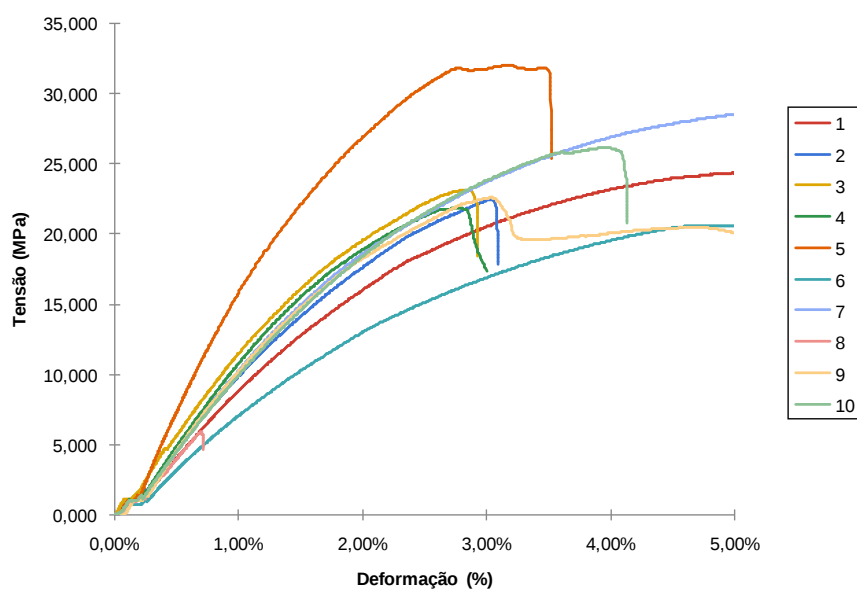


Tabela 4 - Resultados obtidos no ensaio

Corpo de prova	Módulo Elástico (GPa)	Limite de resistência à flexão (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
1	1,01	24,34	7,70
2	1,12	22,19	3,06
3	1,23	23,04	2,88
4	1,25	22,05	2,76
5	1,88	31,67	3,46
6	0,83	20,54	6,27
7	1,22	29,08	7,69
8	1,00	25,96	4,09
9	1,24	22,19	3,10
10	1,15	5,82	0,70
Média	1,19	22,69	4,17
Desvio padrão	0,28	6,87	2,31

4.2 Ensaio de resistência a flexão (vermelho)

4.2.1 Objetivo

Determinar, de forma comparativa ao ensaio para amostras de 6mm, o Módulo elástico, Limite de Resistência à Flexão e Deformação na Ruptura das Placas de Plástico Reciclado das Placas reciclada de 12 mm para comparação a materiais de referência (Anexo C).

4.2.2 Corpo de prova

Os corpos de prova foram preparados com auxílio da serra de bancada pelo autor e o material utilizado foi proveniente tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente. O corpo de prova foi submetido ao ensaio na forma de hastes de seção retangular com dimensões aproximadas de 12 x 13 x 230 mm, com duas faces lisas e duas faces contendo visível porosidade. O material possui coloração predominantemente vermelha e foi definido visualmente com porosidade não-homogênea com duas faces lisas (Figura 20).

Figura 19: Corpos de prova submetidos as análises:



4.2.3 Materiais/equipamentos e condições de análise

Para realização dos testes de flexão foi utilizado máquina Universal de Ensaio da marca EMIC modelo DL3000, extensômetro da marca EMIC modelo EEGA e célula de carga da marca EMIC capacidade 1 kN. A distância dos apoios foi de 192 mm e a velocidade de deslocamento do travessão de 5,12 mm/min (Figura 21).

Os procedimentos de ensaio foram feitos conforme com a norma ASTM D790 - *Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, descritos no Anexo C, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Módulo de elasticidade calculado com base nas medições de deformação com extensômetro classe C.

Figura 20 Corpos de Prova sendo ensaiado.



4.2.4 Resultados obtidos

As respostas adquiridas de força (P) e deslocamento (D) foram transformadas em tensão (σ_f) e deformação (ε_f) de acordo com as fórmulas a seguir.

$$\sigma_f = \frac{3L}{2 b d^2} P$$

$$\varepsilon_f = \frac{6 d}{L^2} D$$

onde L é a distância entre os apoios, b a largura e d a espessura dos corpos de prova.

O Módulo elástico foi calculado pelo método de corda conforme equação a seguir, entre 0,15% e 0,25% de deformação:

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\varepsilon_{f2} - \varepsilon_{f1}}$$

A Figura 22 mostra as curvas tensão-deformação para os corpos de prova ensaiados. Os resultados de módulo elástico em flexão, limite de resistência à flexão e de

deformação na ruptura extraídos das curvas tensão-deformação são apresentados na Tabela 10.

Figura 21 - Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio

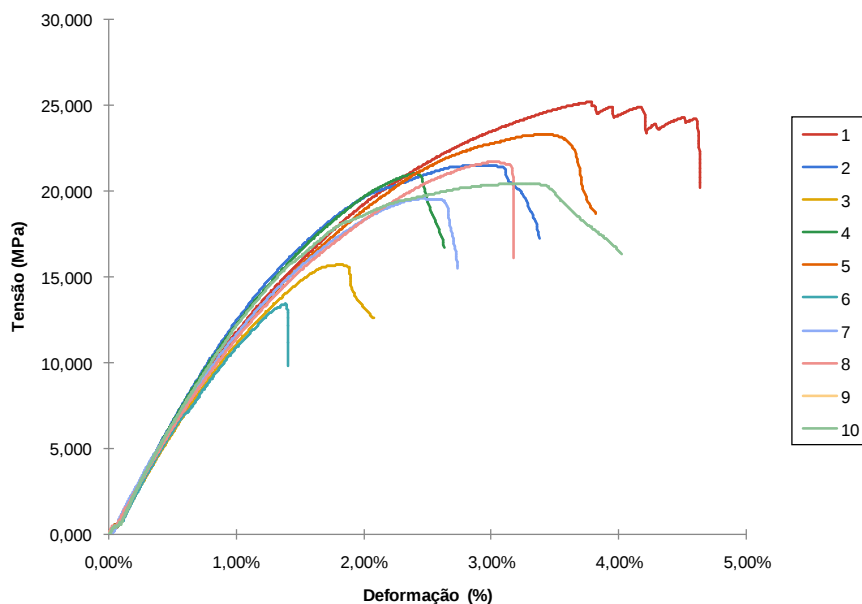


Tabela 5- Resultados obtidos no ensaio

Corpo de prova	Módulo elástico em flexão (GPa)	Limite de resistência à flexão (MPa)	Deformação na ruptura (%)
1	1,54	25,18	3,78
2	1,58	21,46	3,11
3	1,36	15,72	1,89
4	1,56	20,99	2,45
5	1,46	23,30	3,55
6	1,44	13,41	1,40
7	1,37	19,56	2,63
8	1,42	21,69	3,16
9	1,55	23,97	1,89
10	1,55	20,42	3,44
Média	1,50	21,23	2,87
Desvio padrão	0,08	3,63	0,81

4.2.5 Discussão

Os dados encontrados nos ensaios de flexão foram comparados tanto entre si, a partir das amostras examinadas, quanto com outros materiais similares dados encontrados em bases de referência, e com materiais de outras naturezas que possuem possibilidades de aplicação parecido (Tabela 11, 12 e 13). Para as diferentes amostras analisadas, Verde 6mm e Vermelha 12mm, nota-se que os resultados estão muito próximos, indicando a similaridade da natureza dos materiais. Na amostra mais espessa houve um ligeiro aumento do módulo elástico e diminuição da resistência à flexão e deformação na ruptura.

Em relação ao **módulo de elasticidade**, observa-se que os dados encontrados (1,19 Gpa e 1,5 Gpa) estão dentro dos intervalos da referência (1,14-1,55 Gpa). Dessa forma, não foi encontrada diferença entre o material reciclado e no material virgem na razão entre a tensão e a deformação durante o limite elástico, no qual a deformação é totalmente reversível e proporcional a tensão. Sendo assim, isso indica que o processo de reciclagem não causou alterações no material durante o regime elástico.

No que diz respeito ao **Limite de Resistência à Flexão**, conhecido também como *módulo de ruptura*, *resistência à fratura* ou *resistência ao dobramento*, os ensaios (Tabelas 11 e 12) também apresentaram resultados próximos aos da referência, porém um pouco abaixo, indicando possíveis perdas de propriedade de resistência do material. Ou seja, o valor máximo de tensão apresentado, que levará o corpo de prova à fratura quando sujeito ao dobramento, foi um pouco menor no material das Placas Recicladas do que o Polipropileno Virgem. Essa variação pode ser causada por possíveis falhas nos corpos de prova, capaz de produzir uma trinca e, conseqüentemente, uma diminuição na resistência a flexão, representada também nas diferentes curvas observadas para cada amostra.

A **Deformação a ruptura**, ou alongamento percentual, *ductilidade*, é a medida cujo resultado (4,17%/ 2,87%) apresentou maiores diferenças em comparação com a referência (100–600%). Nesse sentido, as amostras obtiveram um aumento muito baixo do comprimento no momento da ruptura durante a tensão exercida. Os resultados estão mais próximos a outros materiais como cerâmicas, também na ordem de algumas unidades (MANO, 1991 p. 10). Como o módulo elástico permanece

similar, enquanto o alongamento percentual diminuiu consideravelmente, é indicado que a reciclagem influencia fortemente do regime plástico do material.

Nesse sentido, a deformação de ruptura, é a característica mais suscetível a possíveis porosidades no material (bolhas, vazios), sendo uma medida importante para o aumento do material. Por outro lado, essa medida não representa, necessariamente, um empecilho para aplicação do material, o qual deve ser projetado para receber pequenas deformações sobre carregamento, assim como aumentando sua espessura, utilizando mais matéria-prima. A diferença entre a deformação de ruptura para as amostras de 6mm (4,17%) e para as amostras de 12mm (2,86%) indicam que quanto mais fina as Placas recicladas, maior sua ductilidade.

Tabela 6 Comparativo entre outros dados de Polipropileno.

Ensaio		Referência (Callester, 2016)	Referência (Mano, 1991)	Verde (6mm)	Vermelho (12mm)
Módulo de elasticidade	de	1,14–1,55 Gpa	Aprox. 1,20 Gpa	1,19 Gpa	1,5 Gpa
Alongamento Percentual (Ductilidade)		100–600%	20-250%	4,17%	2,87%
Resistência/ flexão	a	31,0 – 37,2 (MPa)	Aprox. 25-50 Mpa	22,69 (MPa)	21,23 (Mpa)

Em termos comparativos, especificamente com Polipropileno reciclado, pode-se traçar um paralelo com o artigo intitulado “Estudo da Qualidade do Polipropileno (PP) Reciclado” (ICTR, 2004) onde são analisadas as características de diferentes proporções de matéria prima virgem e reciclada, através da extrusão e injeção, e traçado um perfil das diferenças entre as proporções (V- virgem, R- reciclado), conforme a tabela abaixo.

Nota-se que os dados apresentados (Tabela 12) no trabalho não apresenta diferenças significativas entre as análises feitas para as Placas recicladas,

apresentado uma coerência dos dados encontrados e corroborando para o entendimento de que a qualidade do material está dentro da realidade dos processos de reciclagem realizados em outras localidades. De modo geral, observa-se que a amostra pura de resina pós-uso apresenta maior resistência ao rompimento e ao dobramento, porém nos demais parâmetros não foram verificadas variações significativas.

Tabela 7 Comparativo de Polipropileno Reciclado

Amostras	100V	20V80R	35V65R	50V50R	100R	100R Verde	100R Vermelho
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,11	1,22	1,18	1,19	1,21	1,19 (média)	1,5 (média)
Tensão na ruptura / resistência flexão (Mpa)	18,36	18,35	19,18	18,69	23,12	22,69 (média)	21,23 (média)
Deformação específica na ruptura (%)	3,819	3,797	3,792	3,681	3,899	4,17 (média)	2,87 (média)

Fonte: ENGEL et al, 2004 e autor.

Na comparação das Placas de Plástico Reciclado com outros materiais utilizados no Design, como chapas de MDP (*Medium Density Particleboard*), MDF (*Medium Density Fiberboard*) e Chapas recicladas de Tetrapak, (Tabela 13) foram usados estudos que analisaram as mesmas propriedades levantadas nos ensaios de flexão, como o Módulo de Elasticidade, Resistência à Flexão na Ruptura e Deformação na Ruptura. Os resultados analisados mostram diferenças pequenas entre os materiais, sendo o **módulo de elasticidade** encontrado para as Placas de Plástico (1.119 Mpa e 1.500 Mpa) maior quando comparado com as Placas de tetrapak (429,4 Mpa), e menor quando comparado ao MDF, MDP (1.627 Mpa e 1.547

Mpa) e o compensado naval (2.007 Mpa). Já os valores para **resistência à ruptura** encontrados nas Placas Recicladas (22,9 Mpa e 21,23 Mpa) apresentaram maior valores comparado a Placas de Tetrapak (15,1 e 9 Mpa) e o MDP (10,8 Mpa), e valores semelhantes para MDF (23,7 Mpa), e ficando abaixo das chapas de compensado Naval (32 Mpa). Por fim, no que diz respeito à **deformação na ruptura**, o material apresentou valores similares (4,8% e 2,7%) comparado às Placas de Tetrapak recicladas (4,2%).

Tabela 8 Comparativo entre as Placas e outros materiais de Design.

Resistência Mecânica Materiais			
	Módulo de Elasticidade	Resistência a flexão módulo de ruptura	Deformação na Ruptura ductilidade
Placas de Tetrapak	De acordo com LaMEM (2001):	De acordo com IPT (2002 ^a): resistência a flexão: tensão de ruptura 15,1 Mpa	Alongamento na ruptura 4,2%
	429,4 Mpa (média)	De acordo com LaMEM (2001):	
		Resistência a flexão: 9,0 Mpa (média)	
MDF e MDP	De acordo com Setter (2017):		
	MDP – 1.627 (Mpa)	MDP – 10,8 Mpa	Não informado.
	MDF – 1.547 (Mpa)	MDF – 23,70 Mpa	
Compensado naval	De acordo com Mattos, 2019.		
		32 Mpa	Não informado
	2.007 Mpa		

Placas	Verde (aprox. 6mm) – 1,19 Gpa – 1.190 Mpa	Verde- 22,69 Mpa	Verde 6mm - 4,17%
	Vermelho (aprox. 12 mm) 1,50 Gpa – 1.500 Mpa	Vermelho- 21,23 Mpa	Vermelho 12mm – 2,87%

4.3 Ensaio de resistência ao impacto – Tipo Izod com entalhe

O ensaio de resistência ao impacto (Anexo D) consiste na utilização de um pêndulo de impacto específico que é liberado e oscila na direção descendente, atingindo o corpo de prova, previamente entalhado, na seção vertical do braço. O pêndulo então continua seu movimento com a redução do *momentum*, pela redução da energia absorvida pelo corpo de prova, ou energia de impacto (Tenacidade de impacto). A resistência ao impacto representa a tenacidade ou a resistência de um material rígido à deformação a uma velocidade muito alta. Segundo Callister (2016):

“Medida da energia que é absorvida durante a fratura de um corpo de prova com dimensões e geometria-padrão quando este é submetido a um carregamento muito rápido (impacto). Os ensaios de impacto Charpy e Izod são usados para medir esse parâmetro, que é importante na avaliação do comportamento da transição dúctil-frágil de um material.”

(CALLISTER, 2016, p. 852)

4.3.1 Objetivo

Identificar o grau de resistência das Placas de Plástico Reciclado à aplicação de uma carga de impacto.

4.3.2 Corpo de prova

Os corpos de prova foram preparados com auxílio da serra de bancada pelo autor e o entalhe em entalhador recíproco, realizado pelo laboratório LAMAP. O material utilizado foi proveniente de tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente (Figura 23).

4.3.3 Materiais e equipamentos/ Informações e condições de análise

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Materiais Poliméricos - LAMAP, vinculado ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e o equipamento utilizado foi da marca EMIC modelo AIC-1 com martelo de 2,7 J. Para isso foram seguidas as normas para ensaio de a ASTM D256 – 10 *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastic* para placas de 12mm, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Corpo de prova com dimensões levemente diferentes do estipulado pela norma.

Figura 22 Aspecto dos corpos de prova entalhados, antes do ensaio.



4.3.4 Resultados obtidos

A (Erro! Fonte de referência não encontrada.4) mostra o aspecto dos corpos de prova após o ensaio. As dimensões dos corpos de prova são exibidas na Tabela 14. Os resultados de energia absorvida por área sob o entalhe são mostrados na Tabela 15.

Figura 23: Aspecto dos corpos de prova após o ensaio, com as metades fraturadas postas com seus respectivos pares.



Tabela 9 Tabela 1 - Dimensões dos corpos de prova

Corpo de prova	Largura (mm)	Espessura (mm)	Profundidade de entalhe (mm)
1	12,68	11,98	2,54
2	12,68	11,90	2,54
3	13,05	11,50	2,54
4	13,10	11,27	2,54
5	13,00	12,46	2,54
6	13,11	12,24	2,54
7	13,15	12,70	2,54
8	13,16	12,56	2,54
9	13,14	12,48	2,54

Tabela 10: Resultados de energia absorvida por área sob o entalhe.

CP	Energia (J)	Área sob o entalhe (mm ²)	Energia por área (kJ/m ²)
1	1,54	119,7	12,9
2	1,52	118,7	12,8
3	1,34	116,9	11,5
4	1,56	114,4	13,6
5	1,16	129,0	9,0
6	1,64	127,2	12,9
7	1,44	133,6	10,8
8	1,18	131,9	8,9
9	1,14	130,6	8,7
Média			11,46
Desvio padrão			1,95

4.3.5 Resultados e discussão

O resultado de impacto Izod não apresentou diferenças marcantes para os resultados típicos para o Polipropileno (Tabela 15), não apresentando aumento de fragilidade significativo em relação ao plástico virgem. Nota-se que ocorre uma variação dos resultados devido às diferentes resinas existentes no mercado, sendo o valor encontrado nos ensaios dentro da média comparada. Em comparação ao compensado naval, nota-se que este possui resistência ao impacto maior, devido seu perfil técnico e aplicações, sendo um dos materiais com melhores propriedades mecânicas do mercado para chapas de madeira.

Tabela 11: Resultado de Impacto Izod comparado a Polipropileno referência.

Impacto Izod	
Placa reciclada PP	11,46 kJ/m ²
Referência PP	6 kJ/m ² (BAKAR, 2010, pag. 2719) (Figura 6, na legenda) 8 kJ/m ² (PANDA, 2014, pag. 1024) (Figura 5) 13 kJ/m ² (SARIKANAT, 2019, pag. 1057) (Figura 1a) 15 kJ/m ² (TROMBETTA, 2010, pag. 10) (Figura 9)
Compensado naval	16,40 KJ/m ² (Matto2019, pag. 40.)

4.3.6 Conclusão

As Placas de Polipropileno reciclado apresentaram propriedades físicas e mecânicas similares aos materiais típicos de referência, não havendo perda significativa de propriedade em relação às resinas virgens pesquisadas. A única diferença significativa foi referente à deformação na ruptura, devendo ser levado em consideração no projeto a ser desenvolvido. Vale ressaltar que a maioria das aplicações do dia a dia são projetadas para não ter muita, ou quase nenhuma, deformação durante o uso. Dessa forma, os valores são consistentes, sendo dispersão dos valores normal para um material reciclado que apresenta pequenas porosidades devido ao processo de fabricação.

Os valores comparativos para materiais de similar aplicação, como o MDF, MDP, Placas de Tetrapak e compensado naval, também apresentaram valores próximos, mostrando ser viável a substituição desses pelas Placas de Polipropileno Reciclados. Para complementação do perfil das características físicas do material são indicados outros ensaios para investigação das propriedades térmicas, elétrica e óticas, dentre outras. Sendo assim, o material pode ser usado para diferentes funções, mediante projeto adequado, como explorado ao final do trabalho.

5 DESIGN

A partir da produção das Placas Recicladas, diferentes questões referentes aos possíveis usos e formas de aplicação são apresentadas, sendo a investigação dessas características um dos objetivos do trabalho. Nesse sentido, destacam-se alguns critérios necessários para especificação de materiais para a prática do Design, estes responsáveis pelo processo seleção do material, baseados em aspectos de diferentes naturezas. Cunha (2011) destaca que:

“Os critérios para especificação dos materiais que Silva (1991) apresenta são os de ordem **técnica, estética e econômica**, relacionados, portanto, às funções primeiras e fundamentais dos materiais. No entanto, atualmente, com o desenvolvimento dos conceitos de sustentabilidade e a necessidade de preservação dos bens materiais naturais, outros critérios devem ser considerados para que um material possa ser utilizado, principalmente no que se refere a **conservação ambiental, energética e das possibilidades de reciclagem e reuso**.”

(CUNHA, 2011, p. 37)

Em relação às questões ambientais, relativas ao consumo de materiais e energia, assim como à volta do material para cadeia produtiva, não foram investigados de maneira direta, sendo as questões centrais analisadas de ordem técnica, estética e econômica. Vale ressaltar que as características de Design, estão também ligadas às questões estéticas do produto, Ashby e Johnson destacam que no mercado do século 21 os consumidores desejam mais do que produtos que funcionem bem e tenham preço acessível, mas também desejam satisfação e prazer, colocando a estética como prioridade no desenvolvimento (ASHBY & JOHNSON, 2002).

Para a caracterização do material quanto às questões de Design, foram realizados diferentes estudos paralelos e complementares. Inicialmente, são investigadas as técnicas de trabalho para utilização das placas, feitas de maneira exploratória a partir de equipamentos disponíveis e estudo de campo em duas oficinas. Em seguida, um estudo de modulação e formas, o desenvolvimento de padrões estéticos a partir do design de superfície, e, por fim, a análise das Placas através de questionários qualitativos. O somatório dos estudos gerou informações

necessárias para o desenvolvimento de possibilidade projetuais apresentado no capítulo final.

5.1 Trabalhabilidade

Para caracterização inicial do material quanto ao Design foram realizadas investigações das questões de trabalho das Placas de Plástico Reciclado para técnicas tradicionais de marcenaria e beneficiamento de materiais em geral. Essas informações são fundamentais para conhecer as potencialidades e fragilidades do material através de uma perspectiva prática. Segundo Fernandez et al. (2009).

“Existem pouquíssimos estudos específicos que tratem sobre a usinagem de plásticos industriais. Portanto, os parâmetros e métodos utilizados são oriundos de especificações de alguns fornecedores de matéria-prima, de correlações com materiais não ferrosos (alumínio, latão) e, principalmente, da experiência acumulada.”

(Fernandez et al., 2009)

Assim, foram realizados experimentos de diferentes técnicas como furos, fresas, parafuso, serras, dobras, entre outras possibilidades de beneficiamento que possibilitam o desenvolvimento de produtos a partir das placas como matéria-prima. Para realização do estudo foram feitos ensaios exploratórios, através de informações coletadas em campo, e analisados de maneira descritiva. Os experimentos foram feitos em dois locais, na oficina da empresa UmMundo, responsável pela produção do material, e da empresa Artes e Ofícios, que possui uma tradição de trabalhos de design e arte no Rio de Janeiro.

Os testes foram realizados com diferentes equipamentos disponíveis nos dois locais destacados, tendo como base as revisões realizadas dos materiais de natureza similar. O recorte dos equipamentos disponíveis, teve como objetivo compreender as técnicas possíveis de beneficiamento das Placas, tendo como limitante a realidade local de produção. Nesse sentido, o estudo se aproxima das técnicas existentes e possibilitadas localmente, auxiliando nas informações necessárias para as possibilidades desenvolvidas no capítulo final. Vale destacar a existência de outras

técnicas, estas que devem ser exploradas futuramente a partir da disponibilidade de novos equipamentos. São listados alguns dos resultados abaixo:

5.1.1 Corte

Para compreender os melhores métodos e ferramentas para o corte das Placas Recicladas, foram utilizadas diferentes lâminas para diferentes equipamentos de corte, de maneira a confirmar informações coletadas na literatura e fabricantes de materiais similares. Dessa forma, os equipamentos utilizados para os ensaios foram a serra tico-tico, serra de mesa e serra de fita, estes que estão entre os mais tradicionais equipamentos existentes em marcenarias e oficinas em geral. Para isso foram utilizadas lâminas para madeira, multimateriais e ferros, de diferentes marcas e com diferentes quantidades de dentes (Figuras 25, 26 e 27)

Figura 24: Serra de mesa usada nos experimentos (1) Serras (2) Mesa com Placas.



Figura 25: Serra tico-tico usada nos experimentos. (1) Serra e Placas (2) Diferentes Lâminas.



De maneira geral, todos os equipamentos executaram bem o corte, possibilitando o uso daquele disponível em cada localidade e/ou mais indicado para cada trabalho. Foi possível a execução de cortes com todas as lâminas utilizadas, com a diferença do melhor acabamento para as determinadas lâminas. Para a serra de mesa, a multimateriais, indicada também para metais, foi a que apresentou o melhor acabamento dentre as lâminas testadas (Figura 25), sem a necessidade de correção das imperfeições pelo derretimento do plástico após o corte. Para as serras tico-tico e serra de fita, as lâminas com menos dentes e maior espaçamento entre elas foram as que tiveram o melhor rendimento, possibilitando o corte em curva de diferentes desenhos.

Figura 26: Serra de fita usada nos experimentos. (1) Procedimento sendo realizado (2) Placa no corte.



O baixo atrito auxilia na diminuição do derretimento, assim, é indicado, serras mais finas e com rotação mais rápida, alimentando lentamente as Placas no corte. As serras com distância entre os dentes maiores e nas quais a geometria (“ângulo de ataque”) esteja levemente para fora, ou possuam a ponta levemente arredondada, apresentam um bom rendimento, evitando o acúmulo de plástico no corte e facilitando a realização do trabalho. (FERNANDEZ et al., 2009) Dessa forma é possibilitado que o trabalho de corte tenha o rendimento ideal, sem a necessidade de acabamento para correção das imperfeições

5.1.2 CNC

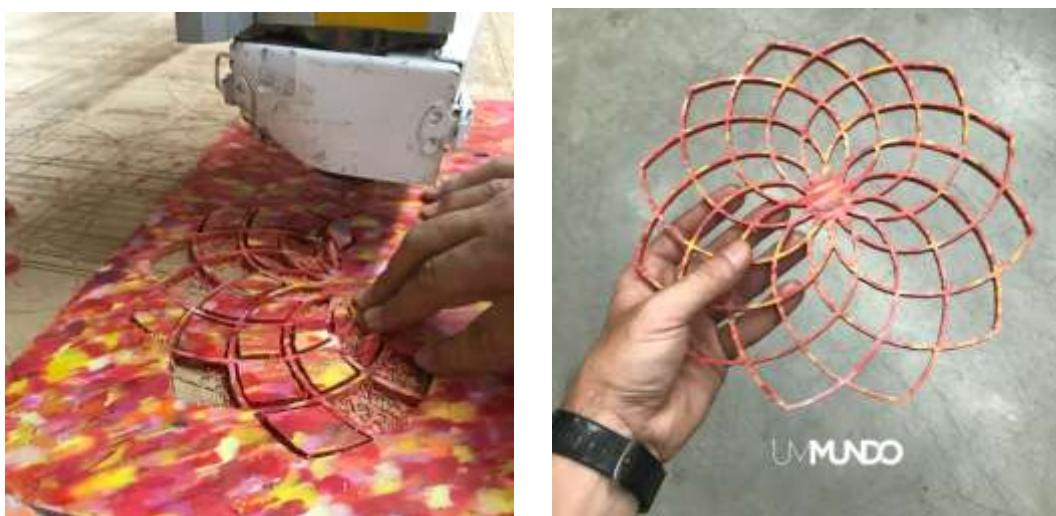
A CNC (Controle Numérico por Computador) representa uma técnica de beneficiamento versátil das Placas que possibilita o trabalho em diferentes escalas, baseando-se na remoção do material para confecção de peças. Existem diferentes tipos de CNC, sendo as mais usuais o corte a laser e a fresa, estas que foram testadas para placas recicladas no intuito de alinhar suas melhores aplicações.

Foram testadas placas de espessura de cinco milímetros em laser com 120 watts de potência e em corte na fresa. Em relação ao laser o resultado obtido foi

negativo, sendo observado o derretimento no corte e comprometendo o acabamento, assim como uma grande geração de gases que impossibilitou a continuidade do trabalho. Em relação ao corte na fresa os resultados foram positivos, com acabamento limpo e um bom rendimento do material cortado (Figura 28).

Por outro lado, alguns cuidados foram observados para a tarefa, como a fixação das placas com parafusos, evitando o deslocamento da placa durante a usinagem. Esse procedimento é fundamental devido à superfície lisa do material tornando fácil seu deslocamento com fixações por pressão. Outro cuidado é em relação a configuração da fresa utilizada, sendo indicado fresas de canal único “*up cutting*”, assim como a possibilidade de instalação de extrator de cavaco, diminuindo a quantidade de partículas geradas na usinagem e auxiliando o acabamento do material, diminuindo o movimento das Placas na mesa de corte.

Figura 27: Corte realizado em fresa por Controle Numérico por Computador CNC.



5.1.3 Fresa

De forma complementar à usinagem em CNC, as fresas podem ser usadas em outros equipamentos como as Tupias, tanto manuais, as de coluna ou as de mesa, e funcionam a partir de indicações similares. Essa técnica possibilita ganhos quanto ao acabamento, podendo dar formas nas extremidades da peça com diferentes tipos de chanfros a partir da geometria e tamanho das fresas utilizadas (Figura 29). Dessa

maneira, são produzidas formas arredondadas que aproxima o material ao formato de pedras, assim como outras possibilidades.

Figura 28: Chanfro arredondado feito em Placas de 12 mm.



5.1.4 Furação

Nos testes de furação foram realizados furos com diferentes brocas disponíveis no mercado e utilizadas para cimento, metais e madeira (Figura 30). Dentre as brocas utilizadas foi percebido um bom trabalho com brocas de metais e madeira, sendo a primeira a mais indicada em termos de acabamento. Não é recomendada a broca para furo em materiais cimentícios devido a geometria e qualidade do resultado.

Figura 29: Teste de furação com diferentes brocas (1) Brocas (2) Procedimento.



5.1.5 Fixação

Para os testes de fixação mecânica foram testadas diferentes técnicas como grampos, pinos, pregos e parafusos (Figura 31). Os resultados foram positivos em todos os estes, sendo a fixação mecânica um dos pontos fortes do material, tanto devido ao resultado apresentado, em relação à facilidade de trabalho sem perder a integridade da peça, quanto no que diz respeito à desmontagem que facilita o encaminhamento para reciclagem ao término de sua utilidade na função de um produto.

Figura 30: Experimentos de fixação com parafuso.



5.1.6 Colagem

No processo de colagem foram testadas colas de diferentes naturezas como silicone, ciano acrilato, epóxi, a base de borracha (cola de contato) e acrílica. De maneira geral as colas apresentaram certa dificuldade devido à natureza pouco reativa a produtos químicos do Polipropileno. Por outro lado, cada cola apresentou alguma utilidade como a cola instantânea, à base de ciano acrilato, que pode ser usada como auxílio a montagem mecânica, devido à dificuldade de fixação gerada pela superfície lisa e escorregadia. A cola a base de borracha apresentou boa fixação após o lixamento da peça, possibilitando a utilização em revestimento de outros tipos de materiais como painéis de madeira em geral. A cola à base de acrílico se saiu muito bem para a fixação de revestimento na parede em diferentes superfícies, como azulejos, tijolos, tintas, entre outros, sendo uma solução prática e eficiente para instalação de possíveis ladrilhos produzidos com o material.

Figura 31: Diferentes coles usadas nos experimentos (1) Cola epóxi (2) Cola silicone e (3) Cola



5.1.7 Moldagem/dobras

Para os processos de moldagem e dobra foram testados diferentes métodos e ferramentas, entre eles o soprador térmico, a dobradora de acrílico e a moldagem com utilização de forno e moldes. Para os experimentos de dobra observou-se uma dificuldade de manipulação de materiais com espessura acima de 2 mm, sendo os melhores resultados obtidos através de afinamento da placa através da fresagem na região da dobra, e o aquecimento do material nas duas faces durante o processo, virando lentamente até a posição desejada (Figura 33).

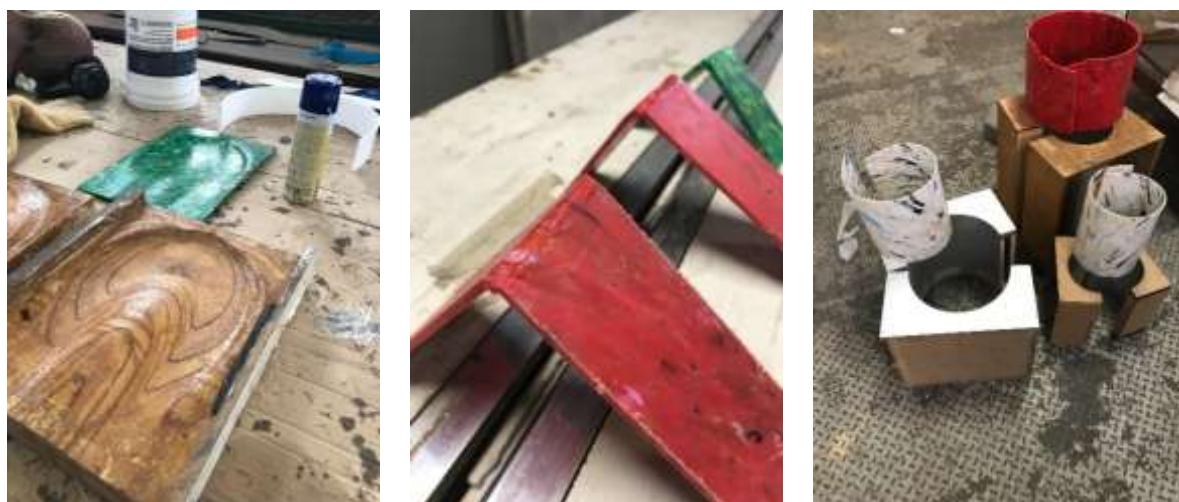
Figura 32: Etapas do procedimento de dobra. (1) Chanfro, (2) Aquecimento (3) Dobra.



Em relação aos resultados da moldagem observou-se um grande potencial pelo reaquecimento da placa, utilizando temperaturas entre 120°C e 150°C, durante aproximadamente 20 minutos. Através desse processo foi possível a manipulação em círculo das Placas de até 4mm como apresentada na Figura 34, assim como a moldagem de peças através de moldes e contramoldes. Ambos os processos devem ser realizados de maneira gradual e controlada, cuidando para que não haja calor em excesso, que o aquecimento seja realizado de forma homogênea e que o resfriamento ocorra na posição desejada.

Apesar de alguns bons resultados apresentados, foi verificado que espessuras mais finas do material se comportam melhor durante esse processo, sendo indicado o desenvolvimento de placas a partir de 2 mm para certas aplicações. Outros processos de moldagem a partir do calor também possuem potencial para serem utilizados, a exemplo do vacunformação, devendo ser realizados experimentos futuros.

Figura 33: Diferentes processos de moldagem por aquecimento.



5.1.8 Acabamento

Para exame de acabamento das superfícies foram testados o lixamento com diferentes grãos, usados tradicionalmente tanto para madeira quanto para metais, técnicas de polimento similares ao automotivo e diferentes vernizes. Devido à maciez, lixas mais grossas apresentaram muitos arranhões no material, sendo as lixas de metais, a partir do grão 1200, as mais indicadas, com obtenção de melhor resultado de acabamento. O polimento apresentou um aumento de brilho moderado, devendo ser realizados novos experimentos no sentido de compreender a melhor “*set-up*”, ou seja, sequência de procedimentos, para acabamento polido ideal da superfície das Placas.

No que fiz respeito ao acabamento de topo, influenciado pelo processo de corte e usinagem, que podem deixar aparente pequenos resíduos de plásticos ou derretidos ou em lascas, é indicado a raspagem com lâminas, garantido o acabamento e evitando que micro plásticos contaminem o ambiente. A preocupação com a finalização do material é fundamental para produtos em geral e principalmente para aqueles reciclados que precisam quebrar barreiras estéticas para inserção no mercado.

Figura 34: Equipamentos usados para polimento das Placas.



5.1.9 Impressão

O uso da superfície como espaço para comunicação apresenta uma boa oportunidade à medida que o material reciclado apresenta um valor simbólico importante, como será discutido na próxima seção. Para compreender como fazer esse processo, foram realizadas diferentes possibilidades de impressão no material, com técnicas como a impressão ultravioleta (UV), *silk* e tinta vinil entre outras (Figura 36).

Os resultados mostram que o material possui uma baixa aderência na maioria das impressões testadas, como o *silk*, UV e tintas em geral, tendo uma boa fixação com a impressão com tinta vinílica. Por um lado, a limitação das possibilidades de impressão apresenta um limite de aplicabilidade, tendo como alternativas, para além da impressão com tinta vinílica, a própria usinagem da placa e a aplicação de adesivos na superfície. Por outro lado, a baixa aderência apresenta vantagens como a facilidade de limpeza do material em caso de pixações e interferências urbanas, podendo ser aplicado em ambientes públicos e garantindo maior durabilidade do produto.

Figura 35: Impressão realizada em vinil (1) e UV (2 e 3).



5.1.10 Discussão

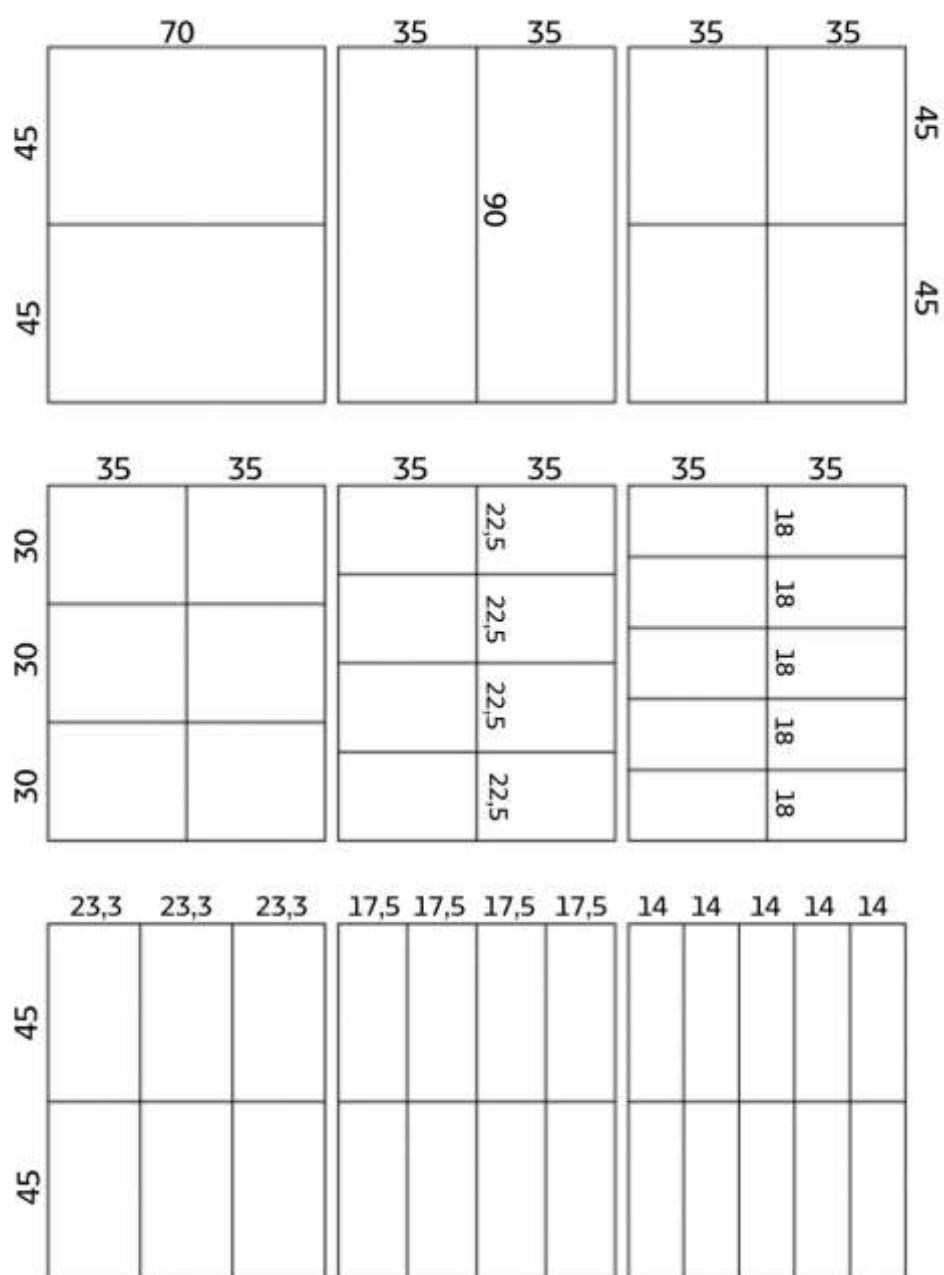
De maneira geral as Placas se mostraram facilmente trabalhadas por ferramentas tradicionais de marcenaria, como serras de mesa, serras de fita, tico-tico, tupia, entre outros, encontradas em diferentes oficinas com infraestrutura já estabelecida no Rio de Janeiro. Ressaltam-se alguns cuidados adicionais referentes aos equipamentos e procedimentos feitos para as características particulares do material. Dessa maneira a substituição de materiais tradicionais é facilitada, gerando possibilidades para substituição de materiais cerâmicos, de madeira, metais entre outros.

5.2 Modulação e formas

O aproveitamento das placas recicladas é um fator determinante para o desenvolvimento de produtos a partir do material. Dessa maneira, é desejado o aproveitamento máximo das placas e, conseqüentemente, o menor desperdício possível. As divisões e modulações existentes são praticamente infinitas, não fazendo sentido explorar todas as possibilidades. Por outro lado, convém apresentar algumas possibilidades, indicando algumas medidas que fazem a utilização das placas de maneira eficiente (Figura 37).

As divisões realizadas apresentam um norteador para utilização do material em diferentes projetos a partir das dimensões das placas de 90 centímetros por 70 centímetros. Nas divisões apresentadas não foram calculadas as perdas referentes as ferramentas utilizadas para usinagem como fresas, serras e lâminas, sendo função do projetista levar em consideração as especificidades das ferramentas disponíveis.

Figura 36: Aproveitamento de corte em centímetros das Placas Recicladas. (90cm x 70cm)



Fonte: Autor

5.3 Design e caracterização estética

Durante o desenvolvimento do produto, a prática do design concilia a seleção de materiais através de suas características intrínsecas e imateriais. As primeiras dizem respeito às propriedades inerentes ao material, como a performance mecânica, sua resistência ao calor, impacto, dureza entre outras, analisadas inicialmente durante esse estudo. Não menos importante, as características imateriais dizem respeito a qualidade atribuídas, se dando na relação do material com o consumidor, as sensações geradas e suas percepções de qualidade e beleza. (FREITAS, 2009)

A aceitação do consumidor a materiais reciclados, compreendidas como uma das barreiras para sua adoção (MARIS, 2014), está diretamente ligada às questões estéticas, como as características de cor, textura, forma e tamanho, que podem ser classificadas como imateriais. Estas características foram aqui trabalhadas através da perspectiva do design de superfícies, que pode ser entendido como uma especialidade da área do Design que busca o desenvolvimento de qualidades imateriais, compreendidas na relação com o público. Sendo assim, foram estudadas as características intangíveis que transbordam para questão de percepção e símbolo. Freitas (2009) destaca que:

“Os resultados de um trabalho de design de superfície dependem muito da seleção de materiais, pois é sobre o suporte material ou a partir dele que o projeto de superfícies acontece. A matéria, também possui sua materialidade própria, isto é, característica físicas, químicas e sensoriais que lhe conferem potencial expressivo e de manuseio.”

(FREITAS, 2009 p. 46)

Em relação as Placas recicladas, a manipulação das cores e padrões dentro do processo produtivo é umas das questões mais atraentes em todo o material, sendo no primeiro contato de futuros usuários, seja através das mídias digitais ou mesmo pessoalmente, antes de tocar no produto.

De maneira simples, os padrões das cores nas placas são formados pelo derretimento do plástico durante o processo da prensagem, sem a adição de corantes ou pigmentos, permanecendo as cores das embalagens utilizadas em cada produto. A produção de texturas visuais é feita através das cores disponíveis em conjunto com

as formas que o material é triturado e disposto no molde durante o processo produtivo. Assim podem ser produzidos padrões manipulados de acordo com a identidade e conceitos desejados.

Na prática do design as embalagens são feitas para se destacar em prateleiras lotadas de produtos e a cor sempre foi um elemento fundamental para essa função. A utilização de materiais que conservam essas cores carrega a “história” das embalagens que foram utilizadas, representando um valor importante para o material.

Para investigação e desenvolvimento dos primeiros padrões das placas foi realizado um estudo de manipulação de formas e cores com o objetivo de compreender o comportamento e formação dos padrões a partir do processo produtivo das Placas Recicladas. A partir disso, foram desenvolvidos os primeiros padrões, através de uma abordagem do design de superfície, e analisados em questionários qualitativos.

“Segundo Renata Rubim (2009), para se fazer design de superfície é preciso existir um pensamento de projeto. O *rapport* não é o único meio de se cobrir ou de se constituir uma superfície. No entanto, as tecnologias mecânicas e automatizadas de produção em grande escala disponíveis ainda exijam um projeto de superfície pensado em módulos de repetição (Rüthschilling 2002, p. 40), principalmente nas indústrias mais tradicionais como a têxtil e nos revestimentos (cerâmicas e cimentícios).”

(FREITAS, 2009, p.61)

Nesse sentido, a análise e desenvolvimento das cores e padrões das Placas, foram realizados a partir de dois experimentos paralelos, avaliados posteriormente através de questionário qualitativo. **O primeiro** experimento referente ao registro das cores “puras”, ou seja, com apenas uma cor padronizadas através da separação das embalagens pós consumo. Esse registro se deu a partir do refinamento do processo de triagem, realizado nas cooperativas de catadores, através da seleção humana das embalagens recebidas. Esse processo tem como objetivo identificar cores padrão dentro do processo produtivo, estas que possuem maiores possibilidades de aplicação em projetos devido a maior facilidade de combinação entre outros materiais e texturas, assim como replicabilidade dentro do processo produtivo de um padrão monocromático.

O segundo foi a formação de padrões, a partir de um exame exploratório de proporções, combinações e formas das diferentes cores selecionadas na etapa

anterior. Com isso, é possível ter uma noção inicial do comportamento do material e a formação da sua textura durante sua produção. Vale ressaltar que o número de possibilidades e combinações é ilimitado, e que a repetição de padrões exatamente iguais não é o objetivo final, mas sim a noção uma identidade que possa ser repetida, sendo cada placa única por si só.

5.3.1 Padronização

Como resultado da primeira etapa, foi possível observar a predominância das cores chamadas primárias como o vermelho, verde, azul, amarelo, branco e preto, assim como a Placa colorida, fruto de mistura de diferentes cores, sem o processo de separação (Figura 38). Isso ocorre pela predominância do uso de cores primárias nas embalagens utilizadas para a produção das placas, sendo sua disponibilidade e constância fatores que influenciam nessa padronização, ou seja, produtos mais consumidos contribuem mais para a cor final das Placas.

Mesmo através da separação das cores é possível identificar um gradiente de tonalidades na forma dos grãos triturados que se repetem pela placa, gerando um padrão comum em todas elas, assim como a presença de algumas impurezas fruto do processo manual de separação e usos anteriores. Cada cor apresenta um gradiente diferente, sendo as Placas das cores azul e verde com maiores diferenças, apresentando um contraste maior em comparação ao amarelo, vermelho, branca e preto. Os diferentes tons existentes nas embalagens transferem para o material parte do sentimento gerado pelo produto antes de ser reciclado. Nesse sentido, a escolha da cor a ser utilizada em futuros produtos deve ser acompanhada da intenção ao qual o novo produto terá.

A Placa colorida, por outro lado, apresenta um padrão distinto das outras, sendo possível perceber a diversidade de cores formadas pelas diferentes embalagens utilizadas para sua produção. Estas conferem uma identidade única e homogênea para a Placa a partir das diferenças de cores dos grãos misturados. Nesta placa é possível ter uma noção mais clara do caráter reciclado do material, assim como do comportamento do plástico triturado (“*flakes*”) dentro do processo produtivo.

Sendo assim a padronização das cores dentro do processo produtivo representa um primeiro padrão (“*rapport*”) desenvolvido para aplicação das placas em produtos. Esta etapa serve de base para o desenvolvimento de novos padrões e combinações possíveis a partir da combinação das diferentes cores, proporções e formas trabalhados na segunda etapa.

Figura 37: Cores padronizadas pela separação das cores.



5.3.2 Formas e proporções

Para investigar os diferentes padrões estéticos possíveis de serem desenvolvidos a partir do processo produtivo, foram realizados testes de proporção e possibilidades de formas, baseados na seleção de cores realizados inicialmente. Dessa maneira, foram realizadas misturas de diferentes proporções de cores, assim como a produção de formas a partir da disposição do material aleatoriamente no molde.

As misturas de diferentes proporções foram realizadas com uma, duas e três cores, em proporções previamente definidas e de forma homogêneas em toda Placa, gerando um padrão comum em toda superfície. Esse recorte se deu devido ao imenso número de possibilidades existentes a partir das combinações das cores disponíveis, sendo cada combinação única, possível de ser experimentada futuramente. Nesse

Figura 38: Diferentes misturas de cores testadas

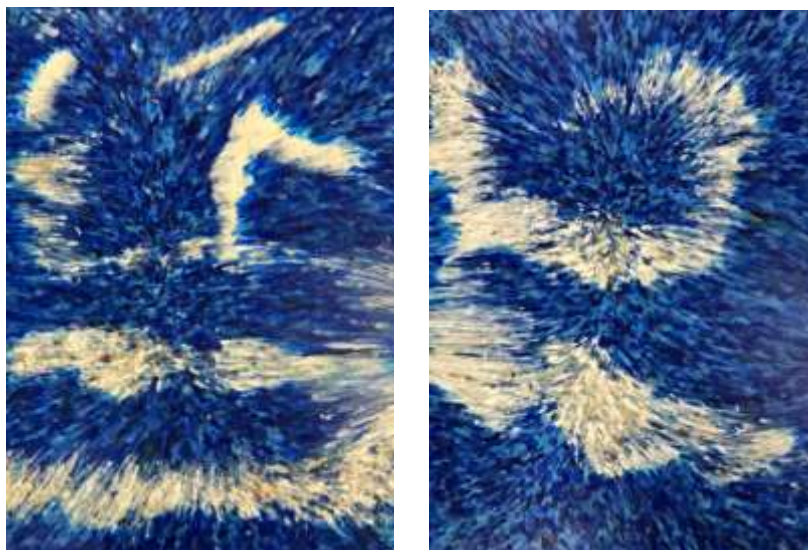


sentido, foram produzidas Placas com predominância das cores branco, preto azul e vermelho, misturadas em diferentes proporções (Figura 39).

Observa-se que as placas com as diferentes misturas de cores apresentam estéticas únicas sendo cada mistura uma sensação estética única. Misturas com menos cores tendem a ser mais facilmente interpretadas como observado nas placas Branco e Preta, sendo proporções menores de preto na base branca e de branca na base preta mais harmônicas, se aproximando da estética do granilite. Já nas placas com misturas de mais de duas cores se aproximaram da estética lúdica, também obtida na placa com todas as cores do primeiro experimento.

Em seguida, foram propostos diferentes padrões estéticos para as placas, a partir de misturas de cores azul e branca em padrões e formas aleatórias. O resultado desse processo está apresentado na Figura 40. Nota-se que a possibilidade de produção de formas se dá através de disposição do material gerando a possibilidade de padronizar diferentes graus, assim como o desenvolvimento de padrões que remetam a materiais como mármore, sendo essas possibilidades de trabalho futuro.

Figura 39: Padrões experimentados a partir da disposição do material.



As possibilidades para aplicação das cores em formas e padrões é praticamente ilimitada. Aqui foi realizado um primeiro levantamento de possibilidade, sendo selecionadas placas homogêneas como um primeiro grupo para aplicação em

projetos. Essa escolha se dá pela facilidade de aplicação de cores devido a homogeneidade e padronização. As Placas com mistura de cores diversas estão mais no campo das artes, podendo ser aplicado quando a intenção do projeto procura se destacar no ambiente.

As cores selecionadas foram analisadas, juntamente às possibilidades de projetos a partir de um questionário qualitativo apresentado nas próximas seções. Para a realização dos questionários foram desenvolvidos kits de amostras (Figura 41 e 42) com as cores e texturas produzidas durante a pesquisa e aqui apresentadas.

Figura 40: Amostras selecionadas.

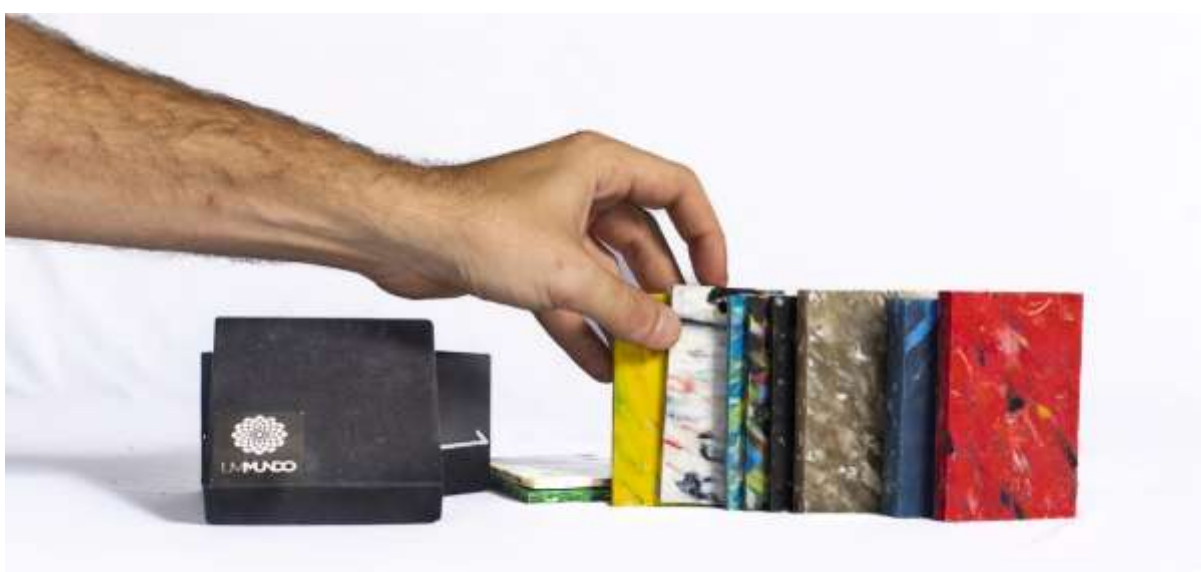


Figura 41: Kit de amostras entregue na realização do questionário.

5.4 Questionário

Como última etapa de caracterização do material foram aplicados questionários qualitativos, complementando as análises técnicas, estéticas e possibilidades de projetos pesquisadas nas seções anteriores. Os questionários foram realizados com o público-alvo de interessados na utilização das placas em novos projetos, como designers, arquitetos e desenvolvedores em geral (Anexo A). Essa ferramenta foi usada através da perspectiva do design industrial para a etapa de análise de alternativas, que pode ser entendida a partir da pesquisa da necessidade do consumidor ou usuário, descrito por Pazmino (2009) que define esse processo como:

“um método que busca conhecer as necessidades do consumidor por meio de uma pesquisa que permita entender seus desejos. Um questionário ou uma entrevista podem avaliar as percepções do consumidor diante de produtos concorrentes, similares ou novas necessidades para as quais não há um produto ou serviço adequado.”

(PAZMINO, 2015, p.102)

A técnica de questionário é amplamente utilizada nos âmbitos das ciências sociais, e são uma ferramenta potencial para coleta de dados, com o intuito de gerar o diagnóstico de como está sendo recebida a proposta pelo seu público-alvo. Manuela Magalhães Hill (1998) em trabalho intitulado “A construção de um Questionário”, destaca a finalidade do método que: “Uma investigação tem normalmente um OBJECTIVO PRINCIPAL e um, ou mais, SUB-OBJECTIVOS. O OBJECTIVO PRINCIPAL tem por finalidade testar a Hipótese Geral da investigação. Os SUB-OBJECTIVOS pretendem testar hipóteses mais específicas.” (Hill, 1998)

Nesse sentido, as perguntas foram formuladas com objetivo principal aprofundar/validar as características técnicas e estéticas sobre as PPRS, através da opinião de seu público-alvo. Como objetivos secundários de analisar suas características gerais, os padrões estéticos do material, e mapear possibilidades de projetos percebidas pelos entrevistados. Assim, foram compreendidas as principais necessidades, desejos e opiniões em relação as Placas de Plástico Reciclado pelos entrevistados.

Optou-se pelo método do questionário pela possibilidade de aplicação de maneira remota, devido ao contexto da pandemia da covid-19 e a facilidade do respondente de poder responder com o tempo que lhe fosse necessário. Para aplicação dos questionários foram estabelecidos contatos pessoais, tanto a partir de visitas de campo, onde foram visitados possíveis clientes, quanto a partir de contatos por aplicativos e indicações de novos entrevistados. Dessa maneira, foi desenvolvido um processo de aproximação com os respondentes com objetivo de deixar à vontade para transmitir as informações.

Os questionários foram desenvolvidos de maneira semiestruturadas, ou seja, a partir de uma combinação entre uma ordem de pautas, com perguntas abertas para o desenvolvimento do entrevistado; e de perguntas fechadas com a ordem e redação permanecendo invariável entre as questões. Essa combinação possibilitou uma liberdade maior com o entrevistado, auxiliando na espontaneidade das respostas, assim como ajudou a profundidade e abrangência da coleta de dados. Foi acrescentando também um exercício de construção de *Moodboards* com as amostras do material ao final da tarefa, com intuito de aproximar o público da materialidade inerente a pesquisa.

Para análise das respostas o questionário foi dividido em três partes, a partir dos objetivos secundários apresentados, abordando questões estéticas, características gerais e possibilidades de projeto, como na divisão das perguntas apresentada na tabela abaixo (Tabela 17).

Tabela 12: Divisão das perguntas quanto a análise realizada.

Questões estéticas.	Qual sua opinião estético visual sobre o material? Você está desenvolvendo algum projeto que possa utilizar o material? Qual seria? Escolha 3 cores de preferência para placas padronizadas. <i>Moodboards</i> .
Características gerais	A partir da descrição do material qual informação você gostaria de saber que não está contemplada ou deveria ser aprofundada?

	Qual característica é mais valorizada no material?
Possibilidade de projeto.	Já viu o material aplicado em alguma possibilidade? se sim qual? Em quais aplicações você observa que as placas poderiam ser usadas? para além do projeto no qual você desenvolve.

5.4.1 Resultados e discussão

Os questionários juntamente com o kit de amostras foram distribuídos para 10 participantes, 8 deles responderam as questões e 6 produziram *moodboards*. Apesar do número relativamente baixo de respondentes, pode-se obter informações relevantes sobre a percepção do público-alvo em relação ao material trabalhado. Essa relevância se dá pela área de atuação, sendo todos eles atuantes na área do design de produtos e arquitetura.

Ao serem perguntados há quanto tempo conheciam o material, apenas dois deles responderam não ter conhecimento prévio de materiais similares. Os outros seis participantes responderam conhecer o material, sendo o participante que conhece o material há mais tempo já ter conhecimento há pelo menos 10 anos. Nesse sentido muitas das informações coletadas são reflexões minimamente maduras e que possuem reflexões anteriores aos questionários.

5.4.1.1 Estética

Em relação as questões visuais, e complementando o estudo de design de superfície realizado, foi perguntado qual a opinião estético visual sobre o material. Assim, foi observado uma resposta geral positiva em relação à questão estética, sendo destacadas questões quanto à ludicidade e cores, acompanhado de

observações quanto alguns cuidados a serem levados em consideração ao contexto da aplicação. Em uma das respostas é destacado o cuidado quanto à possibilidade de desenvolvimento de uma estética *kitsch*, ou seja, caracterizada pelo exagero e comumente associado a algo “brega”. As repostas são destacadas abaixo:

“Interessante, dependendo da aplicação/ contexto”

“Gosto da estética da mistura das cores dos plásticos, bem como na sua forma mais pura.”

“Estética lúdica.”

“acho super legal para superfícies grandes. Para pequenos produtos com corte a laser acho que fica rústico demais”

“Os de uma ou duas cores lembram muito alguns mármore. Os mais coloridos me remetem a brinquedos de quando eu era criança, tem um apelo mais lúdico. Eu acho as placas bonitas, mas também acho que precisa de um cuidado especial para fazer produtos bonitos, que não tenham uma cara meio *kitsch*. Me pergunto também sobre a possibilidade de acabamento superficial, que acho que pode elevar a percepção de qualidade e beleza do material.”

“Material bastante colorido, mas de toque delicado.”

“A proposta é bem interessante e a variedade cores e combinações é bem ampla, assim como a espessura.”

“Produto visualmente atraente devido a coloração.”

Ao serem perguntados sobre a preferência das cores existentes no kit de amostras, a partir da escolha de três cores, a maior parte dos respondentes (6), destacaram a placa colorida, seguida pela branca e distribuída de forma similar entre as outras cores do Kit. A estética colorida das placas destaca a questão da reciclagem, esse um dos valores com maior apelo dentre os entrevistados. A distribuição das outras cores de preferência apresentou um equilíbrio, indicando uma complementariedade entre as cores selecionadas e o alto valor percebido pelas cores do material.

Moodboards

A partir dos estudos realizados e os padrões desenvolvidos nas etapas anteriores, foi realizada uma análise de composição e harmonia, através da técnica de *moodboards*, também traduzido como painéis semânticos. Nos painéis são combinados diferentes elementos com objetivo de se transmitir informações sobre o processo criativo. Nesse caso, essa técnica foi usada com intuito de validar os padrões selecionados, assim como trabalhar composições e harmonias relevantes para os materiais a partir da visão dos entrevistados. Abaixo são apresentados os *moodboards* desenvolvidos ao final do questionário:

Figura 42: Moodboards 1 - Composição com tecidos e madeira.

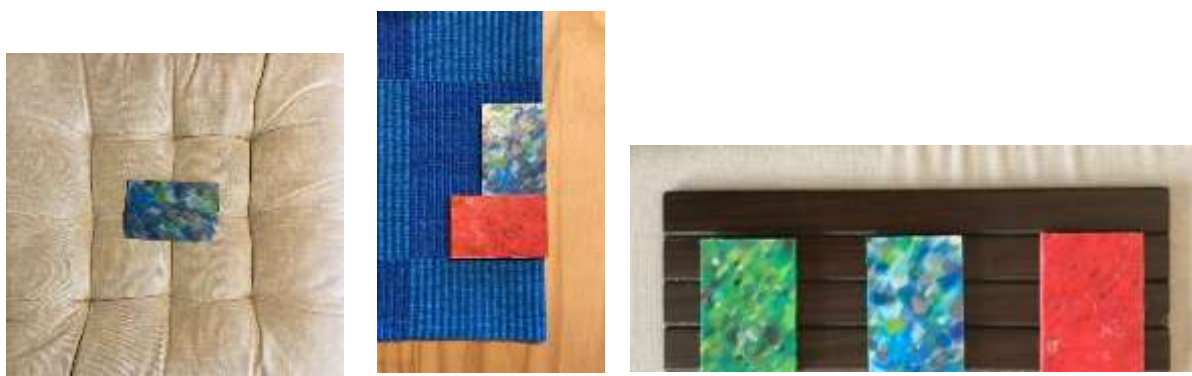


Figura 43: Moodboards 2 - Composição com instrumentos de corte e costura.



Figura 44: Moodboards 3 - Composição com fibras naturais.



Figura 45: Moodboards 6 - Composição com pedras preciosas, prata, ouro amarelo e rosa, quartzo rutilado e cristal.

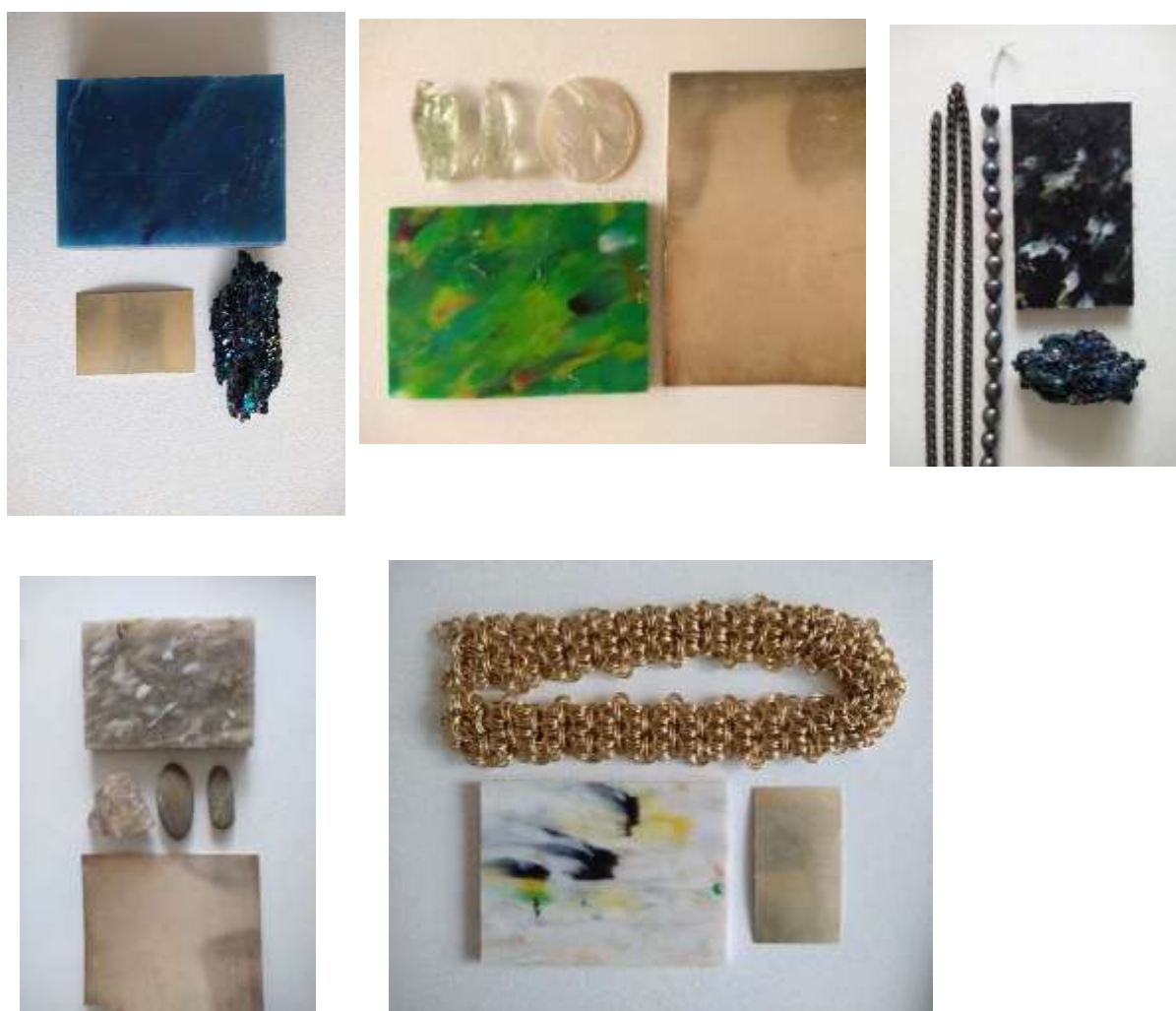
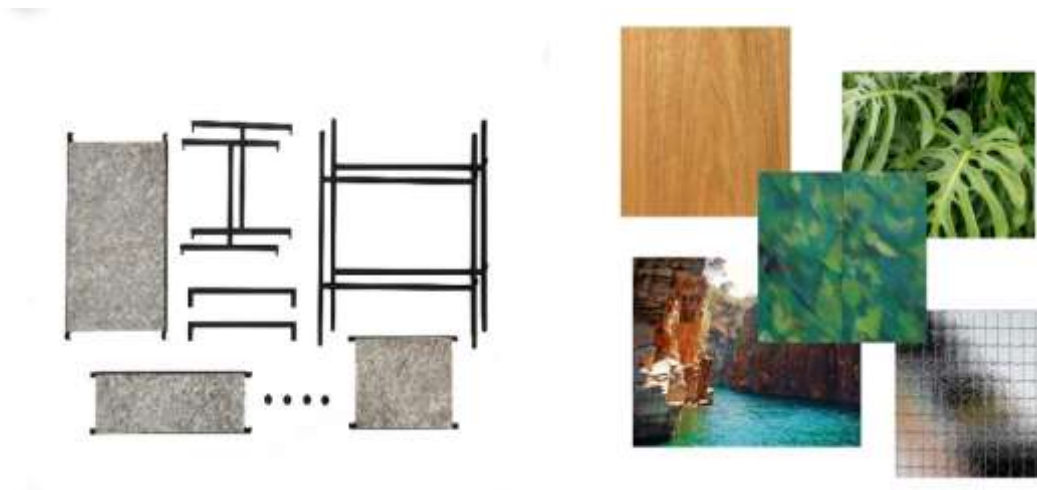


Figura 46: Moodboards 4 e 5 - Composição com ferro, madeira, plantas e vidro.



A partir dos *moodboards* produzidos pelos respondentes é possível perceber a diversidade de composições possíveis a partir das placas, sendo combinados diferentes materiais como metais, madeiras, tecidos, fibras naturais e até mesmo pedras preciosas (Figuras 43, 44, 45, 46 e 47). Dessa forma observa-se também, a relação do material com o perfil de trabalho de cada entrevistado a partir das suas práticas profissionais, como design de mobiliário, de jóias e de moda percebidos nas combinações desenvolvidas. As composições apresentadas auxiliaram o desenvolvimento dos projetos realizados no último capítulo.

Apesar da proximidade com o kit de amostras vale ressaltar que a Placa em sua dimensão original de 90 cm x 70 cm possui uma “força” estética única, sendo algumas percepções em relação a placa inteira pouco percebida.

5.4.1.2 Características gerais

Para além das características estéticas, outros fatores são determinantes para adoção dos materiais em projetos. Nesse sentido, foram realizadas duas perguntas: quais as características mais valorizadas do material, e quais características o respondente gostaria de saber que não estava informada.

Em relação a característica mais valorizada foi destacada a reciclabilidade, entendida como a característica do material em ser reciclado e reciclável, a mais votada, seguida de forma equilibrada pela cor, durabilidade, padrão e a produção realizada em parceria com cooperativas de catadores. O destaque para característica da reciclagem apresenta um norte para comunicação com o público a partir de seu entendimento de valor, sem deixar de lado as outras questões também entendidas como relevantes.

No que se refere às características informadas, praticamente todos responderam a necessidade de saber a capacidade de suporte do material. Essa análise ainda não havia sido pesquisada no momento da aplicação dos questionários, o que contribuiu para a noção da relevância dos estudos realizados. Outras questões técnicas também foram perguntadas como a resistência à temperatura, durabilidade, reação a produtos químicos, entre outras, que não foram estudadas diretamente, porém podem ser respondidas através das revisões e são descritas nas características do produto. Por fim, foram feitos questionamentos quanto às relações comerciais do material, como o preço, modelo de negócio e governança. Esses questionamentos que não fazem parte do escopo da atual pesquisa, contudo devem servir de referência para estudos futuros.

5.4.1.3 Design enquanto possibilidades

Por fim, no que diz respeito às possibilidades de projetos, foram realizadas três perguntas complementares: em relação às aplicações já observadas anteriormente; outra sobre projetos que estão sendo realizados; e a terceira sobre as possibilidades de projetos futuros. De todos os respondentes apenas um não apresentou projeto próprio para utilização das placas, demonstrando um interesse geral na utilização do material em novos projetos.

De maneira geral, as respostas apresentaram certa repetição das propostas com a apresentação de possibilidades de produtos como mobiliários, tampos em geral, revestimento, objetos utilitários em escritórios, luminárias, pequenos objetos, bijuterias e produtos de decoração de ambientes. Por outro lado, algumas respostas apareceram com possibilidades que ainda não haviam ocorrido, como acessórios para bicicletas e pranchas de surf de corpo.

Pode-se perceber a diversidade de possibilidades existentes para aplicação da placa reciclada nos produtos citados pelos respondentes, sendo grande parte desses produtos similares aos encontrados na análise paramétrica. Nesse sentido todos os produtos mapeados serviram de norte para os desenvolvimentos das possibilidades no capítulo final.

6 PROPOSTAS PROJETUAIS

A partir das análises realizadas nas etapas anteriores, responsável pela geração de um quadro de características técnicas e estéticas, foi possível criar o escopo das possibilidades de projeto de produtos para o material. Nesse sentido, as propriedades mecânicas norteiam as melhores formas de aplicações, a trabalhabilidade indica as técnicas disponíveis para o beneficiamento e as questões estéticas direcionam as possibilidades de composição e harmonia. Com essas informações foram desenvolvidos diferentes produtos apresentados nesse capítulo.

6.1 Metodologia de projeto

Até aqui, foram realizadas análises das Placas Recicladas em suas diferentes dimensões, gerando alternativas para utilização do material em múltiplos produtos. No último capítulo, as possibilidades foram avaliadas e diferentes produtos foram realizados, com objetivo de apresentar o maior número de possibilidades possíveis. Dessa forma, completa-se as quatro etapas do processo de design proposto por Lobach (2001) no livro, *Design Industrial*, sendo elas preparação, geração, avaliação e realização. Ressalta-se a dinâmica não linear do processo em que cada etapa é trabalhada de forma simultânea em diferentes momentos. Nesse sentido “elas se entrelaçam umas às outras, com avanços e retrocessos.” (LOBACH, 2001 p. 141).

As alternativas mapeadas foram selecionadas de acordo com o potencial produtivo das técnicas pesquisadas, sua replicabilidade, disponibilidade de equipamentos e mercado consumidor. As escolhas foram feitas a partir de atividades práticas, sendo desenvolvidos tanto projetos autorais, a partir de demandas e interesse do autor, assim como em parceria com outros designers e arquitetos, gerando uma diversidade de projetos a partir de diferentes contextos.

Durante a realização dos projetos foram respeitadas algumas diretrizes baseadas no Ecodesign e outras vertentes do design para sustentabilidade. Para isso foram utilizadas como referência algumas diretrizes aplicadas por Érica Cristina

Cunha, também denominadas por coordenadas de projeto (ÉRICA, 2011 p. 127). São elas:

- Projetar para durabilidade
- Possibilitar substituição das partes
- Emprego de materiais reciclados/reutilizados/recicláveis/reutilizáveis.
- Uso de materiais locais
- Sistemas flexíveis - desmontáveis e remontáveis.
- Simplicidade operacional
- Utilização de poucas matérias-primas no mesmo produto: Maior economia de uso de materiais utilizados e maior facilidade para o processo de reciclagem
- Otimização do uso das placas
- Fixação mecânica de parafusos, facilitando a desmontagem e futura reciclagem.
- Utilização das técnicas trabalhadas e disponíveis.
- Composição com outros materiais.

A partir das diretrizes destacadas foram realizados processos de desenvolvimento e produção, tanto pelo autor, quanto por parceiros. No que diz respeito aos produtos autorias, foi adotado um processo dinâmico de experimentação, através de desenhos, em papel e lápis (Figura 57 e 62), e práticas na oficina, através da tentativa, erro e acerto. Dessa maneira, foram testadas diferentes hipóteses de solução para os produtos, sem o compromisso da perfeição e aprendendo com cada possibilidade testada, gerando diferentes produtos ao final do processo.

Os projetos desenvolvidos com parceiros são fruto demandas geradas a partir de práticas individuais, e da possibilidade de substituição de materiais tradicionais utilizados no mercado. Nesse sentido as placas foram escolhidas em detrimento a outras opções existentes, a partir da busca por caminhos sustentáveis de produção. Dessa forma, foram realizados processos de desenvolvimento a partir das qualidades da placa, assim como a partir de demandas da sociedade e demandas dos parceiros.

Ao todo foram desenvolvidos onze (11) produtos para diferentes nichos de mercado, que possuem o potencial de desdobramento em novas possibilidades. Esses foram divididos em Utilitários, Decoração e Mobiliário e apresentados a seguir. Cada produto encontra-se em estágio distinto de desenvolvimento, sendo alguns deles em estágio de protótipo e outros em produtos finais, e apresentam a diversidade de possibilidades para Placas Recicladas. Cada projeto se valeu de diferentes

associações e referências, sendo a colaboração de outros desenvolvedores responsável pelo aumento de riqueza dos produtos apresentados.

6.1.1 Caixas

O primeiro produto desenvolvido foi uma linha de diferentes caixas organizadoras para mesa, e essa escolha se deu pela versatilidade de uso e possibilidade de desdobramento em outras formas e tamanhos. A versatilidade de caixas como produto pode ser percebida pela sua presença em diferentes sociedades ao longo da história, sendo encontrada em tumbas no Egito, Grécia antiga, Vikings e tantas outras, usadas para armazenagem e transporte de diferentes materiais e produtos.

Para a produção das caixas foram usadas técnicas de dobras a partir da diminuição da espessura da Placa na região dobrada com fresas e o aquecimento com pistola quente, testadas durante a seção de trabalhabilidade. O desenho é feito através da planificação das dimensões da caixa, que à medida que são dobradas ganham a forma planejada em outras dimensões. Essa técnica se apresenta com grande potencial para desenvolvimento de outros produtos, como bandejas, jardineiras, caixotes, entre outras possibilidades.

Figura 47: Produto 1 - caixas organizadoras.



6.1.2 Jardineira/caixote dobra

Seguindo a técnica realiza para as caixas foram feitos outros produtos a partir da planificação e dobra das Placas. Para o dimensionamento das jardineiras foi utilizado o aproveitamento máximo das placas sendo feitos caixas nas dimensões de 50 centímetros de largura, 30 centímetros de comprimento e 20 centímetros de altura.

Figura 48: Produtos 2 - Jardineira Caixote.



6.1.3 Pranchetas

Um dos produtos com maior simplicidade dentre as possibilidades apresentadas são as pranchetas. Para sua produção são usadas as placas de 4 mm e é necessário apenas o corte nas dimensões desejadas nos tamanhos padrão de A5 e A4, a fixação das ferragens através do rebite e o acabamento das laterais. Sua simplicidade é um fator relevante para apresentação do material, podendo ser produzida em maior quantidade quando se procura atingir mercados que necessitam de escala como em brindes corporativos.

Figura 49: Produto 3 - Pranchetas.



6.1.4 Luminária

A luminária foi projetada a partir da técnica de moldagem em cilindros (seção 5.1.7, figura 34) transformando as placas nas cubas que serviram de base para o desenvolvimento. Para o desenho final, foi utilizada associação com o espremedor de frutas desenvolvido por Philippe Starck em 1990, o Juice Salif, clássico produto de design, com estética futurista e moderna, trazendo esses valores ao material reciclado utilizado. Dessa forma a luminária é sustentada por um tripé em formato similar a um foguete, fazendo a composição das placas com a madeira, apresentando uma combinação harmônica de materiais de diferentes naturezas.

Figura 50: Produto 4 - Luminária foguete e referência Juice Salif – Philippe Starck.



6.1.5 Linha praia (Vitú)

A linha praia foi desenvolvida em parceria com a marca Vitu, com intuito de aproximar a cultura da praia, intimamente ligadas a natureza, com a necessidade dos processos da reciclagem para sociedade. O Brasil é um grande contribuidor para a poluição marinha, e essa linha busca dar visibilidade a esse problema apresentando a riqueza dos materiais descartados em outras possibilidades.

Para isso foi realizada a substituição de Figura 51: Produto 5 - Prancha de surf de materiais tradicionalmente utilizados para produzir dois produtos culturalmente utilizados nas praias do Rio de Janeiro: As pranchas de surf de corpo, e as raquetes de frescobol. As pranchas foram produzidas através da moldagem da Placa, feito para dar a hidrodinâmica e ergonomia durante a prática do exercício. Já as raquetes são cortadas através de serra tico-tico a partir de um formato já utilizado e validado para o para o produto.

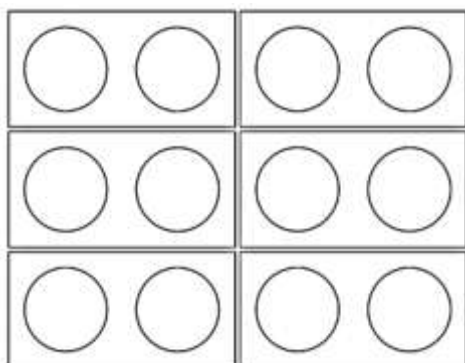
Figura 52: Produto – 5 Linha praia (1) Raquetes de frescobol e (2) Prancha.



6.1.6 Comedouro PET

Outro mercado proposto que possui grande apelo para sustentabilidade é o mercado *pet*, voltado para bichos de estimação. Com objetivo de atender essa demanda, foi desenvolvido o comedouro a partir de um formato já tradicional e corte em CNC, com substituição da parte de madeira por plástico. Em termos comparativos o plástico possui facilidade de limpeza e resistência à umidade, sendo este o primeiro produto de uma linha com outras alternativas como cama, prateleiras para gato, dentre outras possibilidades.

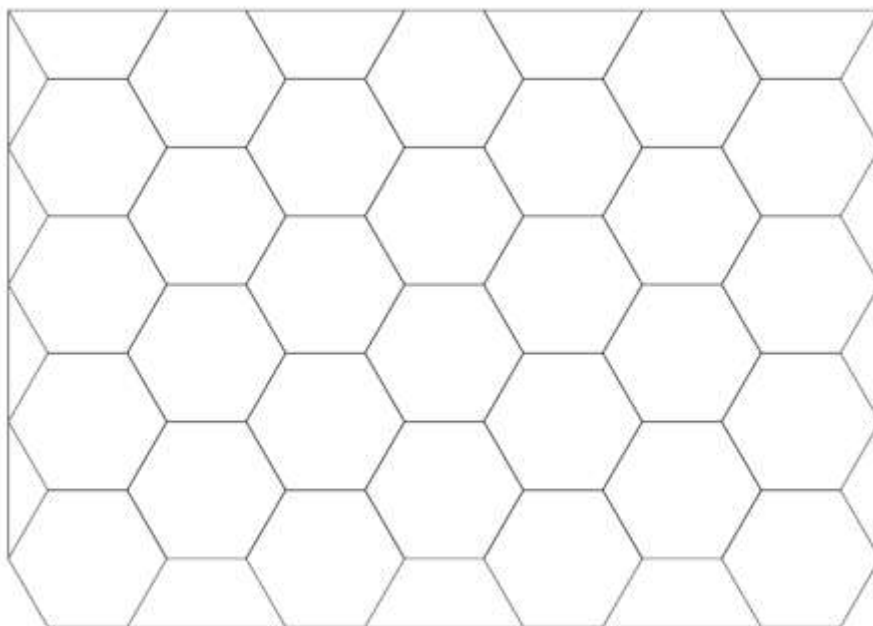
Figura 53: Produto 7 - Comedouro PET, plano de corte e processo produtivo.



6.1.7 Revestimentos

Para o desenvolvimento dos revestimentos também foram usadas técnicas de modelagem e corte computadorizados. Dessa forma busca-se um processo em escala que garanta a qualidade e uniformidade, podendo ser aplicado em grandes superfícies como paredes e fachadas. O primeiro revestimento desenvolvido foi a partir do padrão sextavado com objetivo do melhor aproveitamento das Placas. Esse padrão é percebido em diferentes organismos na natureza, como as colméias das abelhas e diversas flores, utilizadas para um aproveitamento máximo de espaço.

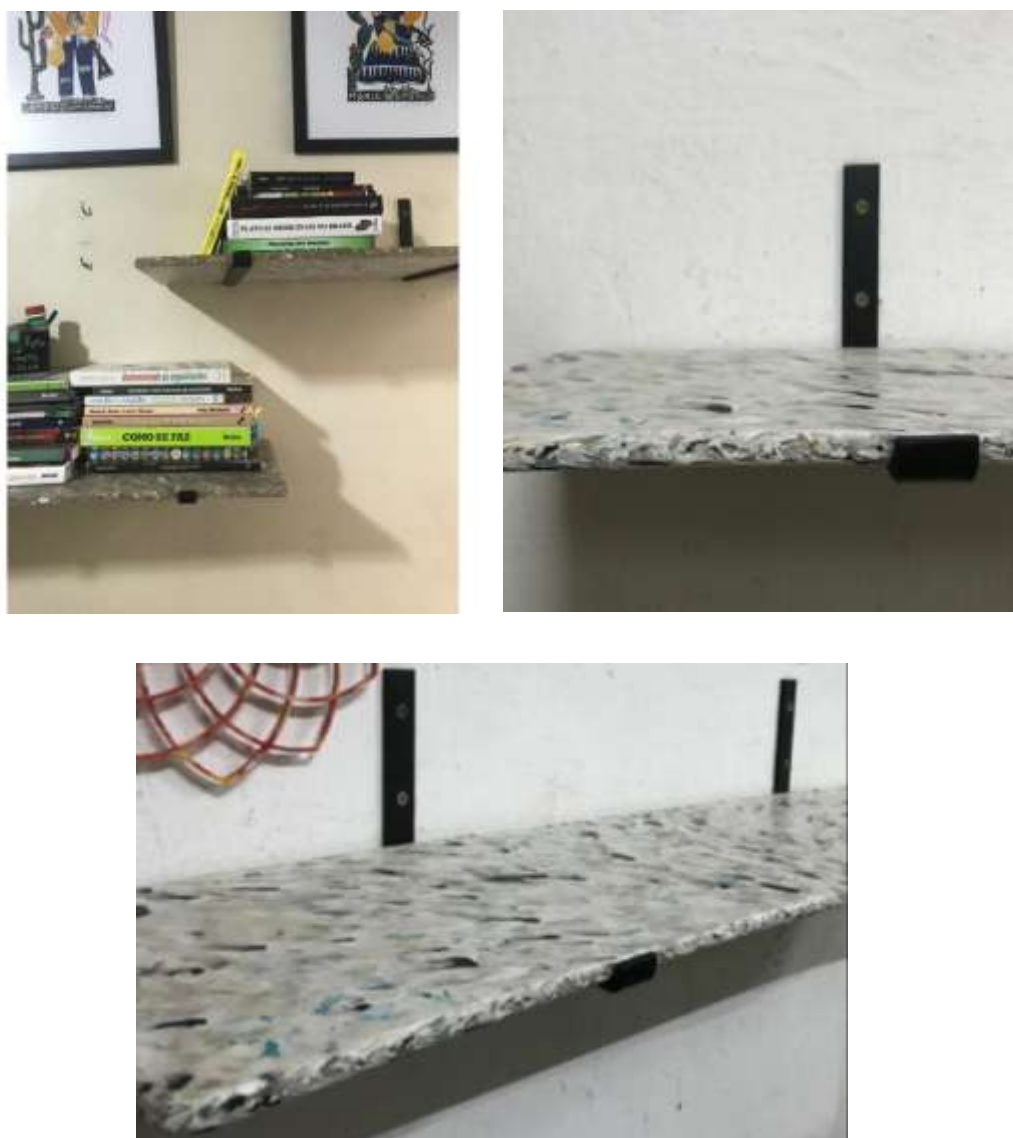
Figura 54: Plano de corte para revestimento



6.1.8 Prateleiras

A proposta mais simplificada dentre as possibilidades de projeto em mobiliário é a utilização das placas em forma de prateleiras. Nesse sentido foram realizadas diferentes divisões para o aproveitamento máxima das Placas e selecionados três tamanhos, sendo prateleiras nas dimensões de 22cm x 70cm (4 por placa), 23cm x 90cm (3 por placa) e 17cm x 45cm (8 por placa).

Figura 57: Produto 9 - Prateleiras.



6.1.9 Banquinho caipira

Figura 58: Produto 10 - Banquinho caipira.



Inspirado no tradicional Banquinho caipira presente em todo o Brasil em diversas formas, foi desenvolvida uma versal autoral, inserindo o tampo e as barras laterais com Placas de Plástico Reciclado, mantendo a base em madeira, aliando o tradicional e a inovação em uma peça versátil para toda a casa. Para sua produção foram usadas técnicas tradicionais da marcenaria e a fixação mecânica com parafuso, facilitando a desmontagem e encaminhamento das peças para futura reciclagem.

Dimensões: Largura: 30 cm x Profundidade: 23 cm x Altura: 20 cm

1,3 kg de plástico reciclado que representa 25 embalagens de produtos de limpeza e o consumo médio de um brasileiro por mais de 1 semana!

6.1.10 Linha UMA

A partir do enquadramento da utilização de apenas uma Placa foi desenvolvida a Linha UMA, sendo produzidas cadeiras e mesas que formam um conjunto para áreas externas e internas. Como referência dos desenhos foram usadas o movimento neoplástico, escola pré-modernista criada na Holanda pós Primeira Guerra, que buscou a simplificação das expressões artísticas em formas e cores básicas e fundamentais.

\Essa escolha se deu devido alguns requisitos utilizados por Designers desse movimento, com destaque para Garrit Rietveld, como o aproveitamento máximo de materiais, uso das cores primárias (apresentadas nos estudos de cores), e a simplificação das formas. Essas características, apesar da distância temporal, dialogam perfeitamente com as necessidades atual de sustentabilidade assim como algumas das características das Placas Recicladas.

Figura 59 - Produto 10 - Linha UMA, banco e mesa



Figura 60: Rascunhos para linha UMA.

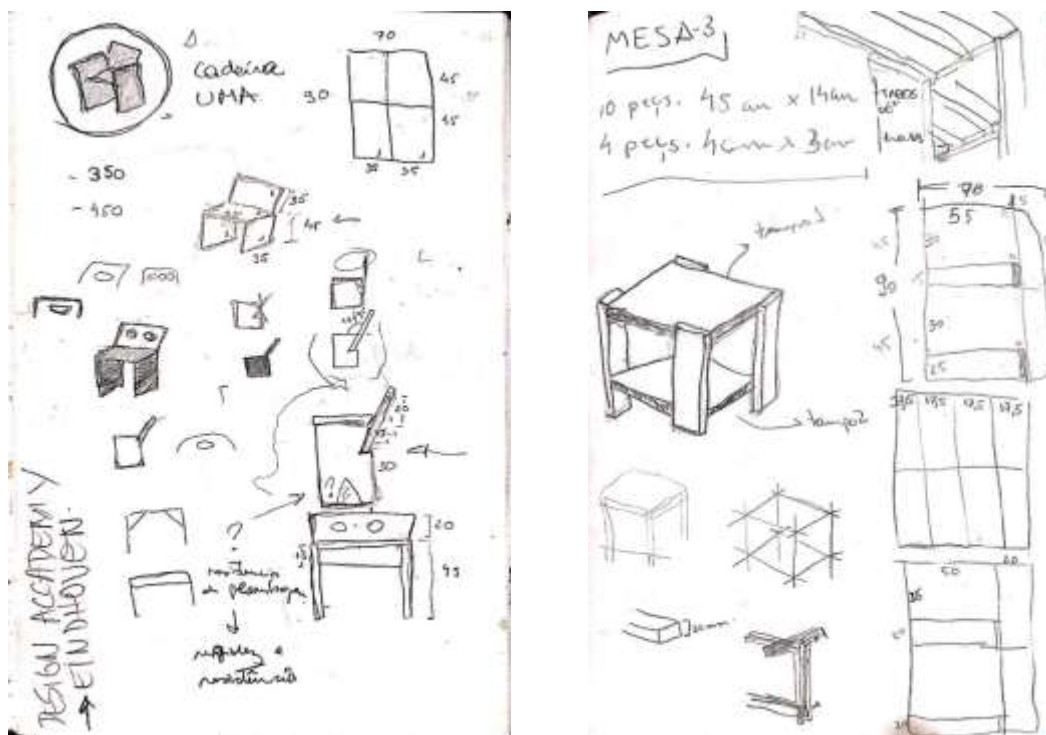


Figura 61: Produto 10 - Linha UMA. Banco e Mesa.



6.1.11 Escora (OBJ Studio)

A Linha Escora veio da inspiração dos designers Luciana Duque e Guilherme Martins na leitura de um item do cotidiano, o andaime. Aliaram uma matéria-prima de reciclagem, o plástico descartado de embalagens pós-consumo transformados em tampos pela empresa UmMundo, aos suportes de metal oriundos dos resíduos produzidos pela OBJ. Os módulos de encaixes, sem ferramentas ou parafusos, de fácil montagem entregam inúmeras possibilidades de crescimento vertical e horizontal, oferecendo a possibilidade de que o recebam em casa e o montem facilmente, sem a ajuda de ferramentas. Esta linha foi premiada no concurso Design For a Better World – BFDW 2021, realizada pelo Centro Brasil Design - CBD, uma importante validação que representa o reconhecimento do trabalho aqui apresentado.

Figura 62: Linha escora, vencedora BFDW 2021, por Luciana Duque e Guilherme Martins.



Figura 63: Produto 11- Diferentes Módulos da linha Escora.



7 CONCLUSÃO:

A partir do trabalho realizado foi possível alcançar o objetivo primeiro de criação de um quadro inicial de características técnicas e de design, auxiliando na utilização das Placas Recicladas em futuros projetos. A diversidade de produtos apresentados corrobora para a noção de diversidade nas aplicações do material, indicando possíveis usos para as placas no Design e Arquitetura. Destaca-se a relevância do trabalho de design de superfície para o aprimoramento estético e consequente valorização econômica, apontando possíveis futuros trabalhos a serem realizados. A utilização de materiais reciclados no design e arquitetura se mostra um caminho importante para solucionar um grave problema dos resíduos sólidos e o trabalho contribui para a inserção de materiais plásticos nesse contexto.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Perfil 2019 da Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Plástico**. Associação Brasileira da Indústria do Plástico Abiplast. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wpcontent/uploads/2020/09/Perfil_2019_web_abiplast.pdf. Acesso em: 06/09/2021.

ABNT NBR 9191: 2001, **Sacos plásticos para acondicionamento de lixo** - Requisitos e métodos de ensaio. ABNT/ONS-51 - Organismo de Normalização Setorial de Embalagem e Acondicionamento Plásticos.

ABNT NBR ISO 14.001:2015. **Sistema de Gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso**. Terceira Edição.

ASTM D256 – 10 Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics.

ASTM D790 - Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.

BAKAR, et al. 2010. **Flammability and Mechanical Properties of Wood Flour-Filled Polypropylene Composites**. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 116, 2714–2722 VC 2010 Wiley Periodicals, Inc. 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 275, 25 de Abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva, 2005

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

CALLISTER, W. D. Jr.; DAVID G. RETHWISCH. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9ª Edição. LTC – Livros Técnicos e Científicos LTDA. 2016.

CERQUEIRA, V. P. S. **A Questão da Sustentabilidade em Materiais Plásticos**. Ecovisões Projetuais: Pesquisa em Design e Sustentabilidade no Brasil – Volume 2. 2017

COMLURB, **Coleta Seletiva**, Companhia Municipal de Limpeza Urbana. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/comlurb/exibeconteudo?id=4380174>. Acesso em: 20/05/2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016. **The New Plastics Economy: Rethinking the future of Plastics.** Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/faarmdpz93ds-5vmvdf/@/preview/1?o>. Acesso em: 21/09/2021

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017. **Plastics and the Circular Economy.** Disponível em: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/plastics-and-the-circular-economy> Acesso em: 20/08/2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020. **A Vision of a Circular Economy for Plastic.** Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/plastics/overview>. Acesso em: 31/08/2021. Acesso em: 25/07/2022

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The Circular Solution to Plastic Pollution.** Disponível em: <https://plastics.ellenmacarthurfoundation.org/breaking-the-plastic-wave-perspective#section2>. Acesso em: 31/08/2021.

ENGEL, R. L. et al. **Estudo da Qualidade de Polipropileno (PP) Reciclado.** Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável Costão do Santinho. Florianópolis, Santa Catarina. ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável NISAM, USP. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP, 2004.

FERNANDES et al. **Usinagem de plásticos de engenharia, uma possibilidade de processamento.** Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. Campina Grande, Paraíba, 2007.

FORTY, Adrian. **Objetos de desejo – design e sociedade desde 1750.** 2ª reimpressão. Editora Cosac Naify. São Paulo, 2013.

FRIETAS, R. O. T. **Design de superfície: As ações comunicacionais táteis no processo de criação do design de superfície.** Repositório teses e dissertações dos programas de pós-graduação do Programa de Estudos Pós-graduados em Comunicação e Semiótica. PUC-SP. 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ed. Atlas. São Paulo, 2008.

HILL, M. M.; HILL, A. **A construção de um questionário.** Portugal. Lisboa, Dinâmica, Centro de Estudos sobre a mudança socioeconômica. 1998.

Iwanicki, Lara. **Um oceano livre de plástico** [livro eletrônico] :desafios para reduzir a poluição marinha no Brasil /Lara Iwanicki, Ademilson Zamboni. -- 1. ed. --Brasília, DF: Oceana Brasil, 2020.

KARLSSON, R.; LUTROOP, C.; **EcoDesign: What's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue.** Elsevier, 2006.

KINIGHT, P. A.; JENKINS, J. O. **Adopting and applying eco-design techniques: a practitioner perspective**. Elsevier, 2008.

LEFTERI, C. **Como se faz: 92 técnicas de fabricação para design de produtos**. 2ª Edição. Blucher. São Paulo, 2013.

LESSA, G. **Os Plásticos: Panorama Histórico de Materiais e Design**. 2008. Dissertação (Mestrado em Design) Escola Superior Desenho Industrial - UERJ, Rio de Janeiro, 2008.

LUTTROP, C., LAGERSTEDT, J. **Ecodesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development**. Journal of Cleaner Production 14, 2006.

MAIER, C. e CALAFUT, T. **Polypropylene. The definitive user's guide and Databook**. Plastic Design Library, United States of América, USA, Norwich, NY, 1998. MANO, B. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. 10ª reimpressão. Blucher, 1991.

MANO, B. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª Edição. Blucher. 1999.

MARCOLIN, N. A. **Era do Plástico**. Revista FAPESP. 2006. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-era-do-plastico/>. Acesso em: 31/08/2021.

MARIS, E. et al. **From Recycling to Eco-design**. Elsevier. 2014.

MICHAELIS. **Circular Dicionário Michaelis**. 2020. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/circulo>. Acesso em 22/05/2021.

MNCMR, MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. **Quantos catadores existem em atividade no Brasil?** Disponível em: <https://www.mncr.org.br/sobre-o-mncr/duvidas-frequentes/quantos-catadores-existem-em-atividade-no-brasil>. Acesso em: 20/08/2021.

MORAIS, D. D. **Metaprojeto: o design do design**. Blucher. São Paulo, 2010.

PANDA, et al. **Effects of geometry and temperature on mode I interlaminar fracture of filled polypropylene–elastomer nanocomposite**. Bull. Mater. Sci., Vol. 37, No. 5. Indian Academy of Sciences. 2014.

PARENTE, R. A. **Elementos Estruturais de Plástico Reciclado**. 2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia São Carlo, USP. São Paulo, 2006.

PEW CHARITABLE TRUST. **Breaking The Plastic Waste: A Comprehensive Assessment of Pathways Towards Stopping Ocean Plastic Pollution**. Inglaterra, 2020.

PLATCHECK, R. E. **Design Industrial. Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** Atlas. 2012.

PONTES, A. T.; ANGELO, A. C. M. **Utilização da avaliação do ciclo de vida no contexto da economia circular: uma revisão de literatura.** Vol. 14. No. 4. Sistemas & Gestão. 2019.

POUDELET, V. et al. **A process-based approach to operationalize life cycle assessment through the development of an eco-design decision-support system.** Journal of Cleaner Production 33, p. 192-201, 2012.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro: agosto 2012 — agosto 2016.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3035089/DLFE247507.pdf/Plano_Gestao_Integrada_Residuos.pdf. Acesso em: 06/05/2022.

SARIKANAT el al. **The Effect of Various Minerals on Sound Transmission Loss and Mechanical Properties of Polypropylene.** ACTA PHYSICA POLONICA A. Vol. 135. Special Issue of the 8th International Advances in Applied Physics and Materials Science Congress, 2019.

SILVA et al. 2019. **Polipropileno a partir de do glicerol: Estudo de mercado e instalação de uma planta no Brasil.** Perspectiva da Ciência e Tecnologia volume 11. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, IFRJ. 2019.

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. **A tecnologia da Reciclagem de Polímeros.** Química Nova, vol. 28. N 1, 65-72. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

TROMBETTA et. al. **Evaluation of polypropylene/saw dust composites prepared with maleated polypropylene (mapp) produced by reactive extrusion.** Revista Matéria, v. 15, n. 2, pp. 309-318. Disponível em: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11234> ISSN 1517-7076. 2010

VESCHI, B. **Etimologia de Economia. Etimologia origem do conceito.** 2019 Disponível em: <https://etimologia.com.br/economia/>. Acesso em: 22/05/2021.

ZAMORA, A. M. ET. **Atlas do Plástico. Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos.** Heinrich Boll Stiftung, Rio de Janeiro. Brasil. 2020.

ANEXO A – Questionário qualitativo

Placas de Plástico Reciclado:

Esse questionário faz parte do projeto de pesquisa de Mestrado em Design da Escola Superior de Desenho Industrial – ESDI, e tem como objetivo mapear opiniões, necessidades, desejos e possibilidades de projetos para Placas de Plástico Reciclado produzidas pela empresa UmMundo.

A entrevista é composta de 9 perguntas e um exercício de composição do material (*moodboard*), começando com a descrição abaixo. É indicada uma leitura preliminar das perguntas, e a confecção das fotos dos *moodboards* a serem anexadas na ordem de preferência.

Agradeço a disponibilidade e esperamos com sua ajuda reciclar cada vez mais!

Descrição:

PLA.CA: Reciclagem para Arte, Design e Arquitetura.

PLA.CA, reciclagem feita com PLástico dos CATadores. São usadas como matéria-prima embalagem pós-consumo utilizadas durante semanas, dias e horas, e que passam a ser um material durável para diferentes produtos seja na Arte, Design ou Arquitetura.

Algumas das características das PLA.CAs são:

100% Recicladas 100% Recicláveis

Materiais: Polipropileno (PP) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

Dimensões: 90 cm x 70 cm

Espessuras: 4mm, 6mm, 12mm e 20mm.

(consulta) Cores: Diversas

Textura: Lisa

Características:

Diversidade de aplicação (a criatividade é o limite), resistente a umidade, não mofam,

podem ser trabalhadas a partir de diferentes técnicas de marcenaria e moldadas a partir da temperatura. Possibilidades de cores e padrões que fazem cada uma delas única.

Indique seu nome e sua idade:

Qual sua formação e atividade profissional?

Você já conhecia as placas feitas de plástico reciclado? Se sim, há quanto tempo?

Já viu o material aplicado em alguma possibilidade? Se sim, qual?

Qual sua opinião sobre a estética visual do material?

A partir da descrição do material, qual informação você gostaria de saber que não está contemplada e deveria ser aprofundada?

Você está desenvolvendo algum projeto que possa utilizar o material?

Em quais aplicações você observa que as placas poderiam ser usadas para além do projeto que você desenvolve?

Qual característica você mais valoriza no material?

☐ Cor

☐ Durabilidade

☐ Reciclabilidade (reciclado e reciclável)

☐ Cooperativas

☐ Padrões/Cores

Escolha 3 cores de preferência para placas padronizadas.

☐ Vermelho, ☐ Cristal, ☐ Verde, ☐ Carnaval, ☐ Branca, ☐ Preta ☐ Outras

A partir do Kit de amostras recebido faça um *moodboard* simples de maneira livre com possibilidades de combinações entre materiais, texturas, cores, etc., e coloque no máximo 5 (cinco) fotos em anexo. As fotos recebidas serão divulgadas com os devidos créditos no sentido de estimular o uso do material por novos desenvolvedores.

ANEXO B – Relatório Ensaio de Resistência à Flexão - INT. nº 004/21



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 004/21

Pág - 1 - de 3

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE MATERIAIS POLIMÉRICOS - LAMAP

Solicitante: Escola Superior de Desenho Industrial – ESDI / UERJ

Aluno(a)/Pesquisador(a): Gustavo Alves Cunha Martins

Orientador(a)/Pesquisador(a) responsável: Fernando Pereira Reisel

Natureza do serviço: Ensaio de resistência à flexão

Recebimento do material: 17/01/2022

Identificação / descrição do material:

Identificação pelo cliente: Placas de polipropileno reciclado. Material proveniente de tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente

Descrição: Hastes de seção retangular com dimensões aproximadas de 12 x 13 x 230 mm, com duas faces lisas e duas faces contendo visível porosidade. Coloração predominantemente vermelha. A Figura 1 mostra o aspecto do material recebido do cliente.



Figura 1 - Amostra recebida do cliente

Normas / procedimentos:

Preparação dos corpos de prova: Corte por serra de fita, realizado pelo cliente.

Procedimentos de ensaio conforme com a ASTM D790 - *Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Módulo de elasticidade calculado com base nas medições de deformação com extensômetro classe C.
- Material possui porosidade não-homogênea.

Os resultados apresentados no presente Documento referem-se exclusivamente à amostra/material ensaiado. A reprodução deste Documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização, para fins promocionais, depende de aprovação do INT.

Informações e condições de análise:

- Máquina Universal de Ensaio marca EMIC modelo DL3000.
- Extensômetro marca EMIC modelo EEGA.
- Célula de carga marca EMIC capacidade 1 kN.
- Distância dos apoios: 182 mm.
- Velocidade de deslocamento do travessão: 5,12 mm/min.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra um dos corpos de prova durante o ensaio.



Figura 2 - Corpo de prova sendo ensaiado

As respostas adquiridas de força (P) e deslocamento (D) foram transformadas em tensão (σ_f) e deformação (ε_f) de acordo com as fórmulas a seguir:

$$\sigma_f = \frac{3L}{2b d^3} P$$

$$\varepsilon_f = \frac{6d}{L^2} D$$

onde L é a distância entre os apoios, b a largura e d a espessura dos corpos de prova.

O Módulo elástico foi calculado pelo método de corda conforme equação a seguir, entre 0,15% e 0,25% de deformação:

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\varepsilon_{f2} - \varepsilon_{f1}}$$

A Figura 3 mostra as curvas tensão-deformação para os corpos de prova ensaiados. Os resultados de módulo elástico em flexão, limite de resistência à flexão e de deformação na ruptura extraídos das curvas tensão-deformação são apresentados na Tabela 1.

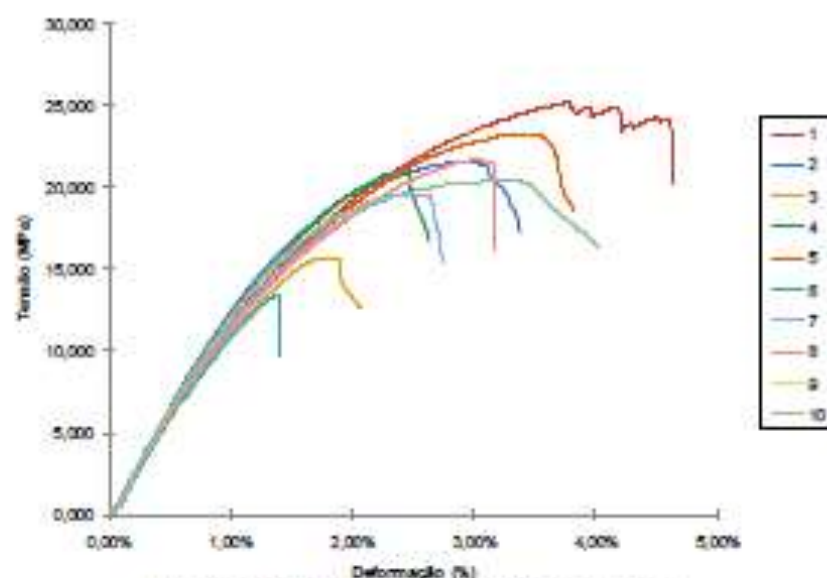


Figura 3 - Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio
Legenda indica o corpo de prova correspondente à cada curva

Tabela 1 - Resultados obtidos no ensaio

Corpo de prova	Módulo elástico em flexão (GPa)	Limite de resistência à flexão (MPa)	Deformação na ruptura (%)
1	1,54	25,18	3,78
2	1,58	21,46	3,11
3	1,36	15,72	1,89
4	1,56	20,99	2,45
6	1,46	23,30	3,55
8	1,44	13,41	1,40
7	1,37	19,56	2,63
8	1,42	21,69	3,16
9	1,55	23,97	1,89
10	1,55	20,42	3,44
Média	1,50	21,23	2,87
Desvio padrão	0,08	3,63	0,81

Data de emissão: 23/05/2021

Execução dos ensaios: Marcelo Honório Virgolino - Técnico - SIAPE 1255619

Escrita do relatório: Luiz Fernando Vieira - Tecnologista - SIAPE 2054724

FIM DO RELATÓRIO

Os resultados apresentados no presente Documento referem-se exclusivamente à amostra/material ensaiado. A reprodução deste Documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização, para fins promocionais, depende da aprovação do INT.

ANEXO C – Relatório Ensaio de Resistência à Flexão – INT n° 006/21



INSTITUTO
NACIONAL DE
TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 006/21

Pág 1 de 3

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE MATERIAIS POLIMÉRICOS - LAMAP

Solicitante: Escola Superior de Desenho Industrial – ESDI / UERJ
Aluno(a)/Pesquisador(a): Gustavo Alves Cunha Martins
Orientador(a)/Pesquisador(a) responsável: Fernando Pereira Reiszal

Natureza do serviço: Ensaio de resistência à flexão

Recebimento do material: 17/01/2022

Identificação / descrição do material:

Identificação pelo cliente: Placas de polipropileno reciclado. Material proveniente de tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente

Descrição: Hastes de seção retangular com dimensões aproximadas de 5 x 13 x 130 mm, com duas faces lisas e duas faces contendo visível porosidade. Coloração predominantemente verde. A Figura 1 mostra o aspecto do material recebido do cliente.



Figura 1 - Amostra recebida do cliente

Normas / procedimentos:

Preparação dos corpos de prova: Corte por serra de fita, realizado pelo cliente.

Procedimentos de ensaio conforme com a ASTM D790 - *Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Módulo de elasticidade calculado com base nas medições de deformação com extensômetro classe C.
- Material possui porosidade não-homogênea.

Os resultados apresentados no presente Documento referem-se exclusivamente à amostra/material ensaiado. A reprodução deste Documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização, para fins promocionais, depende de aprovação do INT.

Informações e condições de análise:

- Máquina Universal de Ensaio marca EMIC modelo DL3000
- Extensômetro marca EMIC modelo EEGA
- Célula de carga marca EMIC capacidade 1 kN.
- Distância dos apoios (*support span*): 80 mm.
- Velocidade de deslocamento do travessão: 2,13 mm/min

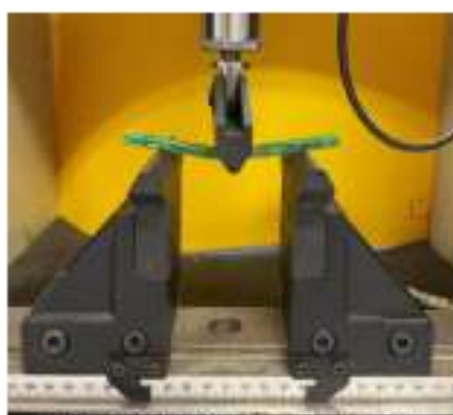
RESULTADOS

Figura 2 - Corpo de prova sendo ensaiado

As respostas adquiridas de força (P) e deslocamento (D) foram transformadas em tensão (σ_f) e deformação (ε_f) de acordo com as fórmulas a seguir:

$$\sigma_f = \frac{3L}{2bd^2}P \quad \varepsilon_f = \frac{6d}{L^2}D$$

onde L é a distância entre os apoios, b a largura e d a espessura dos corpos de prova. Conforme estipulado pela norma, os valores de tensão são considerados até o máximo de 5% de deformação.

O módulo elástico foi calculado pelo método de corda conforme equação a seguir, entre 0,50% e 0,75% de deformação:

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\varepsilon_{f2} - \varepsilon_{f1}}$$

A Figura 3 mostra as curvas tensão-deformação para os corpos de prova ensaiados. Os resultados de módulo elástico em flexão, limite de resistência à flexão e de deformação na ruptura extraídos das curvas tensão-deformação são apresentados na Tabela 1.

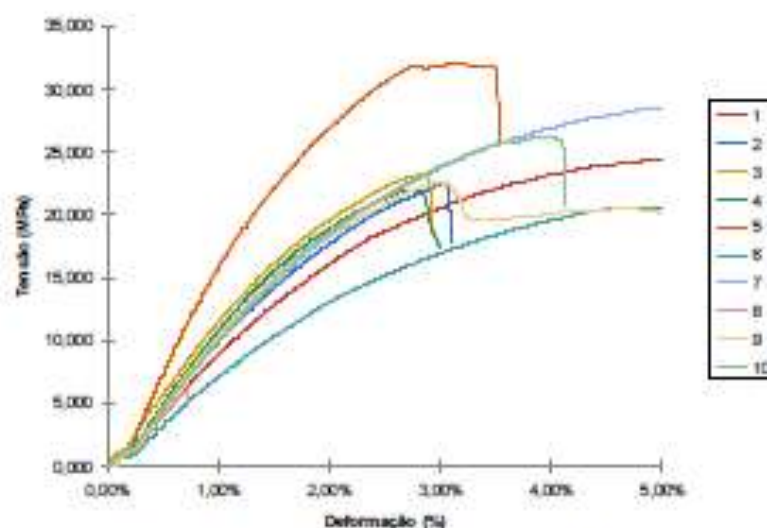


Figura 3 - Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio
Legenda indica o corpo de prova correspondente à cada curva

Tabela 1 - Resultados obtidos no ensaio

Corpo de prova	Módulo Elástico (GPa)	Limite de resistência à flexão (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
1	1,01	24,34	7,70
2	1,12	22,19	3,06
3	1,23	23,04	2,88
4	1,25	22,05	2,76
5	1,88	31,67	3,46
6	0,83	20,54	6,27
7	1,22	29,08	7,69
8	1,00	25,96	4,09
9	1,24	22,19	3,10
10	1,15	5,82	0,70
Média	1,19	22,69	4,17
Desvio padrão	0,28	6,87	2,31

Data de emissão: 23/05/2021

Execução dos ensaios: Marcelo Honório Virgolino - Técnico - SIAPE 1255619

Escrita do relatório: Luiz Fernando Vieira - Tecnologista - SIAPE 2054724

FIM DO RELATÓRIO

ANEXO D – Relatório Ensaio de Resistência ao Impacto – tipo Izod INT n° 006/21



INSTITUTO
NACIONAL DE
TECNOLOGIA **INT**
ensaios mecânicos, térmicos, químicos e corrosivos

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 006/21

Pág. 01/03

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE MATERIAIS POLIMÉRICOS - LAMAP

Solicitante: Escola Superior de Desenho Industrial – ESDI / UERJ

Aluno(a)/Pesquisador(a): Gustavo Alves Cunha Martins

Orientador(a)/Pesquisador(a) responsável: Fernando Pereira Reiszal

Natureza do serviço: Ensaio de resistência ao impacto - tipo Izod com entalhe

Recebimento do material: 17/01/2022

Identificação / descrição do material:

Identificação pelo cliente: Placas de polipropileno reciclado. Material proveniente de tampas de garrafas de bebidas, moído e prensado à quente

Descrição: Hastes de seção retangular com dimensões aproximadas de 12 x 13 x 230 mm, com duas faces lisas e duas faces contendo visível porosidade. Coloração predominantemente vermelha.

Normas / procedimentos:

Preparação dos corpos de prova:

- Corte por serra de fita, realizado pelo cliente.
- Entalhe em entalhador recíproco, realizado pelo laboratório.

A Figura 1 mostra os corpos de prova preparados para ensaio.



Figura 1 - Aspecto dos corpos de prova entalhados, antes do ensaio.

Procedimentos de ensaio conforme com a ASTM D256 – 10 *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*, com as seguintes exceções/observações:

- Procedimento tipo A.
- Corpo de prova com dimensões levemente diferentes do estipulado pela norma.
- Material possui porosidade não-homogênea.

Os resultados apresentados no presente Documento referem-se exclusivamente à amostra/material ensaiado. A reprodução deste Documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização, para fins promocionais, depende da aprovação do INT.

Informações e condições de análise:

- Equipamento marca EMIC modelo AIC-1
- Martelo de 2,7 kJ

RESULTADOS

A Erro! Fonte de referência não encontrada. mostra o aspecto dos corpos de prova após o ensaio. As dimensões do corpos de prova são exibidas na Tabela 1. Os resultados de energia absorvida por área sob o entalhe são mostrados na Tabela 2.



Figura 2 - Aspecto dos corpos de prova após o ensaio, com as metades fraturadas postas com seus respectivos pares.

Tabela 1 - Dimensões dos corpos de prova

Corpo de prova	Largura (mm)	Espessura (mm)	Profundidade de entalhe (mm)
1	12,68	11,98	2,54
2	12,68	11,90	2,54
3	13,05	11,50	2,54
4	13,10	11,27	2,54
5	13,00	12,46	2,54
6	13,11	12,24	2,54
7	13,15	12,70	2,54
8	13,16	12,56	2,54
9	13,14	12,48	2,54

Tabela 2 - Resultados de energia de fratura

CP	Energia (J)	Área sob o entalhe (mm ²)	Energia por área (kJ/m ²)
1	1,54	119,7	12,9
2	1,52	118,7	12,8
3	1,34	116,9	11,5
4	1,56	114,4	13,6
5	1,16	129,0	9,0
6	1,64	127,2	12,9
7	1,44	133,6	10,8
8	1,18	131,9	8,9
9	1,14	130,6	8,7
Média			11,46
Desvio padrão			1,95

Data de emissão: 23/05/2021

Execução dos ensaios: Marcelo Honório Virgolino - Técnico - SIAPE 1255619

Escrita do relatório: Luiz Fernando Vieira - Tecnologista - SIAPE 2054724

FIM DO RELATÓRIO

ANEXO E – Tabela de Análise de Similares

[illegible]