

5

**Indicadores de sustentabilidade
e de impacto ambiental de materiais
aplicados ao design de embalagens**

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E DE IMPACTO AMBIENTAL DE MATERIAIS APLICADOS AO DESIGN DE EMBALAGENS

SUSTAINABILITY AND ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS OF MATERIALS APPLIED TO PACKAGING DESIGN

Gustavo Duarte Grieder

gustavo.grieder@gmail.com – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

João Ricardo dos Santos Kleine Buckstegge

jr buckstegge@hotmail.com – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

Ricardo Goulart Tredezini Straioto

ricardo.straioto@gmail.com – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

Resumo: Indicadores com parâmetros ambientais são úteis para demonstrar quão sustentável é um produto ou material. O “Indicador de Sustentabilidade de Materiais” – ISM – parte dos critérios de Fuad-Luke (2006), ampliados em Projeto de Pesquisa de 2013. Este artigo descreve o aperfeiçoamento do Indicador e sua aplicação na avaliação dos principais materiais utilizados em embalagens. Como resultado, o ISM passou para nove critérios organizados em três eixos: dados sobre o recurso, sobre a produção e sobre a reciclagem, e foram desenvolvidos materiais de apoio. O ISM foi aplicado por estudantes de design no segundo semestre de 2022, na avaliação de seis materiais: o papel, o MDF, o vidro, o alumínio, o PVC e o PET. Conclui-se que o ISM favorece a avaliação simplificada do impacto ambiental dos materiais e sua aplicação suscita o design de embalagens mais sustentáveis, bem como o aprendizado sobre pesquisa científica e design para sustentabilidade pelos bolsistas e participantes voluntários.

Palavras-chave: design de embalagens; indicadores de sustentabilidade; impacto ambiental; materiais; ecomateriais.

Abstract: Indicators with environmental parameters are useful for demonstrating how sustainable a product or material is. The “Material Sustainability Indicator” – MSI – is based on the Fuad-Luke (2006) criteria, expanded in a 2013 Research Project. This article describes the improvement of the Indicator and its application in the evaluation of the main materials used in packaging. As a result, the ISM moved to 9 criteria organized into three axes: data on the resource, on production and on recycling, and supporting materials were developed. The ISM was applied by design students during the second semester of 2022, to evaluate 6 materials: paper, MDF, glass, aluminum, PVC and PET. It is concluded that MSI favors the simplified assessment of the material’s environmental impact and its application foments the design of more sustainable packaging, as well as learning about scientific research and design for sustainability by fellows and volunteer participants.

Keywords: packaging design; sustainability indicators; environmental impact; materials; ecomaterials.



1. Introdução

A correta escolha dos materiais melhora a experiência visual da embalagem, cria interesse ao tocar, reduz (ou aumenta) os custos e o seu impacto ambiental desde a seleção das matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição, o seu uso e o descarte. "Os designers podem desempenhar seus papéis entendendo essas questões e tentando influenciar a escolha dos materiais feita pelos seus clientes" (Calver, 2009, p. 64). Segundo Lefteri (2017, p. 11), "o mundo e as ligações que temos com materiais estão passando por uma incrível mudança, impulsionada pelo desejo de novas histórias de sucesso e pela necessidade de encontrar soluções sustentáveis". No Brasil, Straioto e Figueiredo (2011) apontam que a Política Nacional de Resíduos de Sólidos (Lei 12.305/2010) demonstra-se estratégica para o design, pois é mais oportuno e ecoeficiente projetar produtos mais sustentáveis, do que buscar soluções para os danos ao ambiente.

Para Twede e Goddard (2009), a escolha, o fornecimento e a demanda dos materiais são influenciados por fatores ambientais, como disponibilidade recursos naturais, fatores sociais, como estilos de vida e normas culturais, fatores tecnológicos e tendências do marketing e distribuição. Fuad-Luke (2006) alerta que projetistas tradicionalmente selecionam materiais com base em suas propriedades físicas, químicas, estéticas, custo e disponibilidade, contudo, outros parâmetros ambientais também são importantes. Segundo Fiksel (1996), estabelecer um indicador para tomar decisões utilizando parâmetros ambientais é ferramenta útil para demonstrar quão sustentável a empresa projeta seus produtos, sua produção e sua poluição e se a empresa está se tornando menos ou mais ecoeficiente no uso de recursos. Conforme Callado e Fensterseifer (2009, p. 215), muitas organizações sabem da necessidade de compreenderem seus desempenhos ambientais e sociais para melhorar a eficiência de sua gestão, "mas, em apenas poucos casos, o sistema de medição de desempenho permite uma integração entre indicadores financeiros tradicionais e indicadores sociais e ambientais".

Na dimensão ambiental, as análises de ciclo de vida definidas por certificações ambientais como ISO 14000 baseiam-se na coleta de dados primários sobre emissões e consumos de recursos, tornando-se onerosas. O "Indicador de Sustentabilidade de Materiais" – ISM – busca viabilizar uma avaliação simplificada dos materiais utilizados no design de embalagens, com base na coleta e interpretação de dados secundários, facilitando e favorecendo sua aplicação na concepção de embalagens com menor impacto ambiental em todo o seu ciclo de vida – desde a extração, transformação, produção, distribuição, uso e descarte do material. Portanto, o aperfeiçoamento e aplicação do ISM na avaliação dos principais materiais utilizados no design de embalagens consiste na problemática central deste artigo que descreve o processo e os resultados da pesquisa realizada via edital Programa Ânima de Iniciação Científica (Prociência), entre julho de 2022 e julho de 2023.

2. Indicadores de sustentabilidade e materiais no design de embalagens

2.1. Indicadores de sustentabilidade

Segundo Callado e Fensterseifer (2009), os indicadores de sustentabilidade são instrumentos essenciais para guiar ações, acompanhar e avaliar o progresso alcançado rumo ao



desenvolvimento sustentável. Eles fornecem bases para avaliação do desempenho, permitem comparações no tempo e no espaço e, ainda, a descoberta de novas correlações.

Os indicadores de sustentabilidade diferem dos indicadores tradicionais de progresso econômico, social e ambiental, pois estes últimos medem as mudanças de um aspecto como se fossem inteiramente independentes dos demais. Já os indicadores de sustentabilidade requerem uma visão integrada do mundo com indicadores multidimensionais que mostrem as inter-relações existentes entre eles. (Callado; Fensterseifer, 2009, p. 214).

Algumas iniciativas nessa direção, como a Global Reporting Initiative (GRI, 2023) e o Dow Jones Sustainability World Index (DJSWI, 2023), estruturam seus indicadores a partir das dimensões ambiental, social e econômica¹ do tripé da sustentabilidade (também chamado de “triple bottom line”). Enquanto a dimensão econômica mede os impactos da organização nas condições econômicas de seus stakeholders em nível local, nacional e global, a dimensão social avalia aspectos ligados às práticas trabalhistas, direitos humanos, sociedade e responsabilidade pelo produto, bem como a participação social com vistas à redução da desigualdade entre os atores sociais envolvidos e a satisfação das suas necessidades essenciais, como: equidade na distribuição de renda, acesso à propriedade, emprego, bens e serviços. A dimensão ambiental refere-se aos impactos da organização sobre sistemas naturais vivos e não vivos, incluindo ecossistemas, terra, ar e água, a biodiversidade, conformidade ambiental, gastos com meio ambiente e os impactos de produtos e serviços com insumos – material, energia, água – e produção – emissões, efluentes, resíduos (DJSWI, 2023; GRI, 2023; Callado; Fensterseifer, 2009).

Muitas empresas concordam que, partindo de uma perspectiva multidimensional, é necessário integrar as necessidades dos stakeholders dentro de um processo de criação de valor de longo prazo (Callado; Fensterseifer, 2009, p. 215). Nesse sentido, o GRI (2023) também inclui uma dimensão universal como apoio à organização na identificação dos temas centrais para criação de relatórios de sustentabilidade que enfocam os impactos de suas atividades, operações e governança e que atendam às demandas de informações de seus stakeholders. Bellen (2008) inclui a dimensão institucional com aspectos sobre cooperação internacional, acesso à informação, infraestrutura de comunicação, ciência e tecnologia, implementação estratégica e monitoramento do desenvolvimento sustentável. Oliveira (2002 *apud* Callado; Fensterseifer, 2009, p. 230) inclui uma dimensão cultural que também se refere a elementos institucionais relativos à cultura organizacional, como registros e documentação, incentivo à criatividade e liderança; adequação das comunicações internas e externas; comprometimento, avaliação de fornecedores e do mercado, melhoria contínua, exercício da cidadania organizacional, existência de código de conduta profissional, aprendizagem organizacional e imagem da organização.

Na operacionalização do desenvolvimento sustentável, Callado e Fensterseifer (2009, p. 230) apontam que um dos principais desafios é “criar instrumentos de mensuração que associem variáveis de diversas esferas, revelando significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem”. Nesse sentido, compilaram as principais características dos indicadores de

¹ No índice Dow Jones, a dimensão econômica está associada à Governance & Economic Criteria Topics, “Tópicos de Critérios de Governança & Econômicos”, em tradução livre.

sustentabilidade (Quadro 1) – como seletividade, representatividade, simplicidade, baixo custo, estabilidade, comparação externa e melhoria contínua.

Característica	Impacto na escolha ou formulação do indicador
Seletividade	Devem estar relacionados a fatores essenciais ou críticos do processo a ser avaliado.
Representatividade	Devem representar o processo ou produto a que se referem.
Simplicidade	Devem ser de fácil compreensão e aplicação, principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com a coleta, processamento e avaliação dos dados, requerendo o mínimo de esforço adicional para sua implementação.
Baixo custo	Devem ser gerados a custo baixo. O custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida.
Estabilidade	Coleta de dados com base em procedimentos rotinizados na empresa e que permitem sua comparação e a análise de tendências ao longo do tempo.
Comparação externa	Devem permitir a comparação do desempenho da empresa com o de outras empresas do setor ou empresas de outros setores.
Melhoria contínua	Devem ser periodicamente avaliados e serem modificados ou ajustados para atender às mudanças no ambiente organizacional e não perderem seu propósito e validade.

Quadro 1 – Características dos indicadores de sustentabilidade. Fonte: adaptado de Callado e Fensterseifer (2009).

2.2. Indicadores de Sustentabilidade de Materiais

No percurso para sustentabilidade se desenham dois cenários. No cenário da biocompatibilidade, os materiais, produtos e serviços são compatíveis com o sistema natural, isto é, usam recursos renováveis, e resíduos e emissões são biodegradáveis e biocompatíveis. O cenário da não-interferência, por sua vez, implica o aumento da capacidade de reciclagem, para que não sejam extraídos mais recursos do que a natureza é capaz de repor, nem emitidos resíduos nos processos de produção, mas, caso sejam, que tudo seja reciclado e reaproveitado como matéria-prima para os novos produtos, ou usado em cascata (recursos energéticos). Os dois cenários, contudo, desconsideram a necessidade da redução drástica no consumo de recursos naturais para satisfazer a demanda por bem-estar material – em parte, traduzidas em tendências, como a desmaterialização dos produtos em serviços e informação (Manzini; Vezzoli, 2005). Com a necessidade de reduzir o consumo de recursos, a questão da origem dos materiais – se cultivados, provenientes das plantas e animais, mineração ou petróleo – torna-se um critério muito importante (Lefteri, 2017, p. 11).

Para Twede e Goddard (2009), existem quatro materiais básicos de embalagem: vidro, metal, materiais provenientes da madeira (incluindo papel e papelão) e plásticos. Dentro deles, há muitas variações e propriedades únicas. Os plásticos são diferentes dos materiais anteriores pois vão além da conversão de materiais existentes, envolvendo a modificação de estruturas químicas para a produção de novos compostos que não existem naturalmente. Twede e Goddard (2009, p. 8) acrescentam que a maior parte desses recursos materiais utilizados para embalagem são renováveis – como a madeira e fibras vegetais utilizadas em caixas e embalagens de papel – ou bastante abundantes – como “areia para vidro, barro para cerâmica, minério de ferro para metal e bauxita para alumínio”. Fuad-Luke (2006) classifica os diversos materiais quanto aos recursos naturais que lhe dão origem em três categorias, são elas: os materiais da biosfera, da litosfera e da tecnosfera (Quadro 2). Os materiais da biosfera são derivados dos



componentes vivos do planeta e retornam prontamente para os ciclos da natureza. Os materiais da litosfera são derivados das camadas geológicas da crosta terrestre. Geralmente, os materiais da biosfera e da litosfera são processados por síntese ou concentração, para assim criar os materiais de tecnosfera.

Origem	Características
Biosfera	São renováveis e originários de plantas, animais e microrganismos. Incluem grupos especiais de materiais sintéticos, tais como biopolímeros compostáveis e biocompostos derivados de matéria vegetal. São prontamente levados de volta aos ciclos da natureza pelo processo de biodegradação, ou compostagem, pela ação de micróbios e pela água e pelo clima.
Litosfera	Divide-se em dois grupos: os materiais amplamente distribuídos e abundantes, tais como areia, cascalho, pedra e argila; os materiais com distribuição limitada, como os combustíveis fósseis, minérios metálicos e metais preciosos e as pedras.
Tecnosfera	São geralmente não-renováveis. Os polímeros sintéticos (plásticos, elastômeros e resinas) derivados do petróleo, um combustível fóssil, são materiais da tecnosfera. Não são prontamente devolvidos aos ciclos da natureza e alguns, como os plásticos, cerâmica (vidro, fibras de carbono) e compostos (cerâmica, metal), são inertes à decomposição microbiana e nunca reintroduzidos à biosfera.

Quadro 2 – Materiais da biosfera, litosfera e tecnosfera. Fonte: adaptado de Fuad-Luke, 2006, p. 283.

Essas características quanto à origem têm reflexos sobre os processos de reciclagem e de reintegração à natureza de cada tipo de material. Considerando esses aspectos, o autor definiu que um ecomaterial é aquele que tem um impacto mínimo no meio ambiente, mas oferece desempenho máximo para a tarefa de projeto necessária, sendo facilmente reintroduzido em ciclos. Ecomateriais da biosfera são reciclados pela natureza, enquanto os da tecnosfera são reciclados por processos criados pelo homem.

Em um mundo de recursos finitos, faz-se necessário reciclar os materiais da tecnosfera – em especial os compósitos termofixos e termoplásticos reforçados que, muitas vezes, têm menos de 1% de fração reciclada – que é a porção de matéria-prima reciclada no conteúdo total do material. Nesse aspecto, é importante considerar que materiais de menor valor monetário também tendem a ter baixos volumes de reciclagem, conforme a Tabela 1 – o que exemplifica a interdependência entre as dimensões do tripé da sustentabilidade (Fuad-Luke, 2006).

Material	Fração reciclada
metais ferrosos e ligas leves	entre 10 e 80%
metais preciosos (ouro, platina, prata)	entre 90% e 98%
PET	entre 20 e 30%
Polipropileno	entre 25 e 35%
PEBD ou PEAD	entre 50 e 60%
Poliestireno	entre 35 e 40%

Tabela 1 – Fração reciclada média dos materiais comumente reciclados. Fonte: Fuad-Luke, 2006, p. 283.

O aumento da fração reciclada nos materiais propõe a reavaliação do conceito do que é considerado “lixo” e também pode trazer economia de energia – recurso primário necessário para a fabricação de qualquer embalagem. Os materiais extraídos diretamente da natureza e



que exigem pouco processamento são materiais de baixa energia incorporada², enquanto materiais produzidos com maior emprego de tecnologia tendem a possuir de média a alta energia incorporada. Os materiais da tecnosfera tendem a apresentar valores de energia incorporada muito maiores que em materiais da biosfera. Metais e plásticos feitos inteiramente de material reciclado muitas vezes incorporam de 50% a até 10% da energia que os materiais virgens. Logo, a reciclagem em circuito fechado de materiais da tecnosfera pode reduzir significativamente os impactos ambientais (Fuad-Luke, 2006).

Para Twede e Goddard (2009), todos os recursos não renováveis podem ser recuperados em longo prazo e o real custo das embalagens é determinado pelo montante de energia empregada na sua produção e uso. Contudo, os autores destacam que os sistemas de reciclagem produzem efeitos ambientais que podem ser piores que o descarte em si, incluindo a poluição da água e do ar, além do alto uso de energia. Isso se dá, pois, a coleta e seleção dos materiais para serem homoganeamente reprocessados podem consumir mais recursos do que seriam economizados. Em especial, as embalagens multimateriais, que embora forneçam proteção superior e baixo custo, podem seriamente prejudicar a economia de reutilização e reciclagem.

Diante da complexidade de aferição do impacto ambiental de materiais, o Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM) foi proposto em projeto de pesquisa realizado via Edital do Programa Unisul de Iniciação Científica (PUIC) em 2013 e 2014, com base nos dez atributos ambientais dos materiais propostos por Fuad-Luke (2006), conforme Quadro 3:

Atributos do Material	Baixo impacto ambiental	Alto impacto ambiental
1. Disponibilidade do recurso	Renovável e/ou abundante	Não renovável e/ou raro
2. Distância da origem (quanto mais perto da origem, menor é a energia consumida em transporte) em km	Próximo	Longe
3. Energia incorporada (total de energia incorporada no material da extração até o produto acabado) por kg	Baixa	Alta
4. Fração reciclada (proporção do conteúdo reciclado) por cento	Alta	Baixa
5. Produção de emissão (para o ar, água e terra)	Zero/baixa	Alta
6. Produção de lixo	Zero/baixa	Alta
7. Produção de toxinas ou substâncias danosas	Zero/baixa	Alta
8. Reciclabilidade, reutilização	Alta	Baixa
9. Lixo no final-da-vida	Zero/Baixo	Alto
10. Ciclablidade (facilidade do material poder ser reciclado)	Alta	Baixa

Quadro 3 – Checklist para seleção de materiais de Fuad-Luke. Fonte: Fuad-Luke, 2006, p. 282, tradução nossa.

² É o grau de eficiência do uso da energia dentro de um ecossistema, ou seja, a energia captada, os fluxos de energia dentro do ecossistema e as perdas de energia. Materiais representam energia armazenada, captada do sol ou já retida na litosfera e incorporam energia para serem produzidos. Materiais com baixa energia incorporada são geralmente aqueles com menor impacto ambiental. Em produtos complexos, que envolvem muitos materiais, os cálculos são mais complicados. Materiais de alta energia incorporada, que são duráveis e prolongam a vida útil do produto, podem ser preferidos aos de baixa energia incorporada, que têm uma vida útil curta. Portanto, é importante considerar a energia incorporada do material durante a vida útil do produto (Fuad-Luke, 2006).



Portanto, o ISM estruturou-se a partir da inclusão do critério “biodegradação” e do nível médio entre os níveis de baixo e alto impacto ambiental. Uma descrição para os três níveis de impacto foi produzida, e um esquema de cores semelhante a um semáforo para facilitar a compreensão foi aplicado – sendo “preferível” o nível baixo (de cor verde), “cuidado” o nível médio (de cor amarela) e “evitar” para alto impacto ambiental (de cor vermelha). Nesse formato, o ISM foi aplicado em 2014 no projeto de pesquisa e como atividade de pesquisa em unidades curriculares aderentes nos cursos de Design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 2016 e na Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul) em 2019 e 2021.

3. Procedimentos metodológicos

A pesquisa iniciou-se no âmbito do edital do segundo semestre de 2022³ do programa de iniciação científica Programa Ânima de Iniciação Científica (Prociência) e envolveu um professor orientador, dois estudantes bolsistas do projeto de iniciação científica e, conforme a metodologia proposta pelo projeto, também envolveu estudantes participantes de duas turmas do curso de graduação em Design das instituições de ensino superior do Grupo Ânima Educação, nas quais as unidades curriculares tinham aderência à temática da pesquisa.

Este artigo relata pesquisa desenvolvida com natureza aplicada, abordagem quali-quantitativa e objetivo exploratório-descritivo quanto à avaliação do impacto ambiental dos materiais aplicados ao design de embalagens por meio do Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM).

Como objetivo exploratório-descritivo, propõe-se o aperfeiçoamento e a aplicação do Indicador de Sustentabilidade de Materiais para avaliar o impacto ambiental dos principais materiais de embalagens, definidos em conjunto com o professor orientador. A avaliação deve ser realizada com base em pesquisas bibliográficas e documentais. Os dados coletados devem ser analisados e classificados pelos participantes na escala ordinal de impacto ambiental proposta.

Conforme Martins (2000), uma pesquisa bibliográfica visa recolher, selecionar, analisar e interpretar as contribuições teóricas já existentes sobre determinado assunto. Para Gil (2022), a pesquisa documental assemelha-se à pesquisa bibliográfica, pois ambas utilizam dados existentes. A principal diferença está na natureza das fontes, pois a pesquisa documental utiliza materiais internos à organização elaborados com finalidades diversas – tais como autorização, comunicação, orientação, entre outros – e as fontes bibliográficas são obtidas em bibliotecas ou bases de dados.

Os documentos e dados coletados devem ter data de publicação recente, representatividade geográfica e unidades comparáveis. Quando necessário estabelecer ponto geográfico inicial para coleta de dados, como no critério ‘distância percorrida’, deve ser utilizada a cidade de Florianópolis/SC. Observando esses mesmos critérios, os bolsistas verificam os dados e as classificações realizadas pelos participantes e, quando necessário, realizam as devidas pesquisas

³ O projeto foi aprovado na linha de pesquisa institucional prioritária de “meio ambiente” e com as áreas prioritárias do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) sobre Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, como: cidades inteligentes e sustentáveis; tratamento e reciclagem de resíduos sólidos; monitoramento, prevenção e recuperação de desastres naturais e ambientais.

complementares. Em seguida, os bolsistas comparam o desempenho ambiental dos materiais com apoio dos gráficos sobre a média geral e sobre cada critério do indicador.

Durante todo o processo, os bolsistas observam as dificuldades dos participantes no processo da pesquisa – como, por exemplo, uso ou relevância dos critérios do indicador, acesso aos dados sobre o impacto ambiental dos materiais. Por fim, fazem-se recomendações de melhorias no indicador e considerações sobre sua aplicação no design de embalagens mais sustentáveis, bem como busca-se divulgar os resultados à comunidade científica e demais interessados no design de embalagens mais sustentáveis.

3.1. Aperfeiçoamento do Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM)

Visando aprimorar o indicador e adequar o processo da pesquisa, considerando as características dos indicadores compiladas por Callado e Fensterseifer (2009), e também para testar os passos sugeridos aos participantes, os bolsistas aplicaram empiricamente o percurso metodológico planejado para coleta e análise dos dados sobre o Polietileno Tereftalato (PET). Assim, obtiveram melhor percepção da dificuldade de compreensão e jornada de pesquisa sobre cada critério.

Esta etapa de aperfeiçoamento do indicador e do processo de pesquisa ocorreu entre julho de 2022 e janeiro de 2023 – neste processo, os bolsistas identificaram o critério “energia incorporada” como o de maior dificuldade para encontrar dados substanciais e classificá-los nos descritores de impacto ambiental. Desse modo, a energia incorporada pelo material passou a ser parte da justificativa do impacto ambiental do critério “distância percorrida”. Para evitar a confusão entre os critérios “ciclabilidade” e “reciclabilidade”, ambos foram sintetizados em um único critério intitulado “reciclabilidade”, facilitando compreensão e uso do indicador, que, portanto, passou a ser composto por nove critérios finais (Quadro 4) agrupados em três eixos, com três critérios cada, sendo eles:

- **dados sobre o recurso natural:** disponibilidade do recurso; distância da origem; biodegradação;
- **dados sobre a produção:** produção de lixo; produção de emissão; produção de toxinas ou substâncias danosas;
- **dados sobre a reciclagem:** fração reciclada; lixo no final-da-vida; reciclabilidade.

Para gerar estabilidade entre as respostas e facilitar o uso do indicador, os resultados da pesquisa sobre o PET realizada pelos bolsistas sobre os três critérios do eixo “dados sobre o recurso natural” foram disponibilizados aos participantes como padrão de resposta e modelo para formatação, com referências bibliográficas no formato ABNT⁴. Por fim, os bolsistas atualizaram os slides de apresentação do ISM⁵ aos participantes e elaboraram um arquivo no formato PDF interativo⁶, para padronizar a entrega das pesquisas realizadas, bem como um

⁴ https://docs.google.com/document/d/1szLI9FsnZ7jS2aouTLwrEXOKJWRXy_m0ehg7Is5s-M/edit?usp=sharing

⁵ <https://docs.google.com/presentation/d/1LsNnyiw5UHNb3d8EKpbvnfHCzXwumYS6y6th6eR9QVE/edit?usp=sharing>

⁶ https://drive.google.com/file/d/1e93tAWThTuN_RbWfwhSh5LgoOgqjQErj/view?usp=sharing



questionário⁷, para captar o *feedback* dos participantes sobre a compreensão dos critérios e suas dificuldades durante a pesquisa.

Eixo	Critério	Nível de impacto ambiental		
		Preferível (baixo impacto ambiental)	Cuidado (médio impacto ambiental)	Evitar (alto impacto ambiental)
Dados sobre o recurso natural	Disponibilidade do recurso	Renovável e abundante	Não renovável e abundante	Não renovável e/ou raro
	Distância da origem (quanto mais perto da origem menor é a energia consumida em transporte) em km	Próximo, até 100km	De 101km a 999km	Longe, acima de 1000km
	Biodegradação	Meses	Anos	Décadas
Dados sobre a produção	Produção de emissão (para o ar, água e terra) ⁸	Zero/baixa	Média	Alta
	Produção de lixo (pré-consumo)	Zero/baixa	Média	Alta
	Produção de toxinas ou substâncias danosas	Zero/baixa	Média	Alta
Dados sobre a reciclagem	Fração reciclada (a proporção do conteúdo reciclado) por cento	Alta, de 50% até 100%	Média, de 1% a 49%	Baixa, 0%
	Lixo no final-da-vida (pós-consumo)	Zero/baixo	Médio	Alto
	Reciclabilidade (reutilização e facilidade do material poder ser reciclado)	Alta	Média	Baixa

Quadro 4 – Os nove critérios do Indicador organizados em seus três eixos. Fonte: Elaboração própria.

4. Resultados

4.1. Aplicação do indicador

Para esta etapa, além dos bolsistas, foram incluídos os participantes, promovendo o ensino integrado às atividades de pesquisa. Tais participantes eram estudantes de duas turmas da unidade curricular intitulada “Técnicas de produção em design”⁹, dos cursos de Design de instituições de ensino superior do grupo Ânima Educação – Turma 1: Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), de Santa Catarina, e Universidade São Judas Tadeu (USJT), de São Paulo; Turma 2: Modalidade Live-EaD, envolvendo diferentes instituições da Ânima/Nacional.

⁷ <https://forms.gle/w64LmzzndsNeGuso9>

⁸ Tabela fornecida aos participantes para identificarem a indústria do material pesquisado, e o valor da tabela para classificação do impacto ambiental na escala de baixo (0 a 3), médio (4 a 6) e alto impacto ambiental (7 a 9). Fonte: GIACOMINI FILHO, G. **Ecopropaganda**. São Paulo: Editora Senac, 2004. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1TJcalzIWgNJdJaHiglEKi5MPGCainvb/view?usp=drive_link. Acesso em: 04 dez. 2023.

⁹ Com carga horária de 160 horas, possui em sua ementa: diagnóstico, estudo de viabilidade técnica e econômica da produção; avaliação de projetos; estudo de processos e meios produtivos de criação integrada aos sistemas de fabricação; especificação de processos de produção e de equipamentos para projeto de produtos e embalagens; análise do ciclo de vida dos materiais aplicado aos produtos; normas técnicas aplicadas a processos produtivos em design de produto; processo de produção para projetos de produtos e suas embalagens para otimização de sistemas e subsistemas industriais; materiais industriais para o projeto de produtos, características, funções, aplicações, processos de produção, transformação, mercado e impacto ambiental das matérias-primas.

As turmas pesquisaram sobre os materiais¹⁰: fibra de cana de açúcar, madeira ipê, papel, MDP, MDF, vidro, alumínio, EVA, TPE, PVC e PET. Os resultados das pesquisas embasaram a atribuição de notas para cada critério, sendo atribuída a nota 1 para baixo impacto e 3 para alto impacto ambiental – quanto menos “pontos”, menos impacto ambiental causa o material. Os materiais também foram comparados em cada um dos 9 critérios do indicador, como explicitado no Gráfico¹. Porém, os dados refletem a etapa anterior da validação da classificação pelos bolsistas, logo, ainda não constituem fonte de informação confiável. Apesar disso, já se pode verificar que o resultado validado facilitará aos designers de embalagens – e outros interessados – realizar comparações e analisar dados gerais e específicos sobre a dimensão ambiental dos materiais.

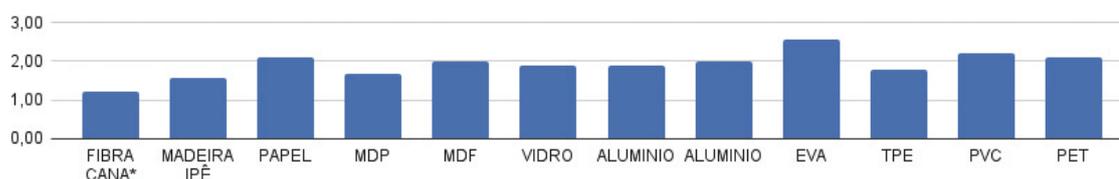


Gráfico 1 – Índice Geral preliminar dos materiais pesquisados pela Turma 1 (UNISUL+USJT) e Turma 2 (Live). Fonte: Elaboração própria.

4.2. Feedback dos participantes

O questionário com o *feedback* dos participantes obteve 27 respostas entre os dias 20 e 31 de outubro de 2022, sendo 20 respostas da Turma 1 e 07 da Turma 2. Como vemos no Gráfico², 77,8% dos respondentes indicaram como maior dificuldade no processo de pesquisa “encontrar dados atuais que suportem a pesquisa”, seguido de 40,7% que indicou “analisar a resposta encontrada e classificar na escala de cada critério”, e “conciliar a pesquisa com as demais atividades da UC”, com 29,6%.

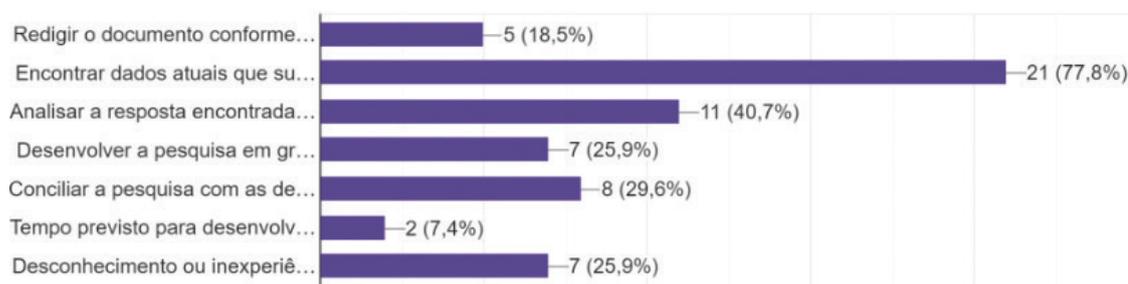


Gráfico 2 – Maiores dificuldades dos participantes na pesquisa proposta pelo Indicador. Fonte: Elaboração própria.

Dentre os nove critérios do indicador, os respondentes indicaram ter melhor compreendido (índice 5, na escala de 1 e 5) os critérios: “reciclabilidade”, com 70%, seguido de “disponibilidade de recurso”, com 55,6%, e “produção de toxinas ou substâncias danosas” e “biodegradação”,

¹⁰ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qbil59zSuJ3dd38c5z78PUVbOdvBfvNttd39fVaBog/edit?usp=sharing>

ambos com 48%. No nível mediano (índice 3 na escala), ficaram os critérios “produção de lixo”, com 40,7%, “produção de toxinas ou substâncias danosas”, com 37%, “fração reciclada” a 33,3%, e “produção de emissão”, em 25,9%. Por outro lado, os critérios menos compreendidos (índice 2 na escala) foram: “produção de emissão”, com 29,6%, “biodegradação” e “distância da origem”, ambos com 18,5%.

Quanto à coleta de dados sobre os materiais, os participantes apontaram como mais fáceis (índice 5) para serem pesquisados, os critérios: “disponibilidade de recurso”, com 51,9%, “reciclabilidade”, a 44,4%, e “biodegradação” em 37%. Com maior dificuldade (índice 2) destacaram-se os critérios de “produção de lixo” (29,6%) e, ambos com 25,9%, “distância da origem” e “produção de emissão”.

Os resultados indicaram um tempo médio de dedicação à pesquisa de 13,4 horas, sendo 6 horas o tempo mais citado pelos respondentes, 22%. Por fim, como pergunta aberta não obrigatória, os participantes foram questionados: "No geral, como você descreve sua experiência com os indicadores de sustentabilidade?". Dentre as respostas obtidas, cinco (dentre 16) podem ser destacadas, por expressarem pontos de vista relevantes frente aos objetivos da pesquisa:

- *"Foi bem bacana aprender mais sobre o material pesquisado e no processo aprender tbm sobre outros materiais e seu tempo de decomposição no meio ambiente e taxa de reciclagem, até para a conscientização do uso."*
- *"Foi boa para descobrir etapas e efeitos sobre os materiais e ter mais consciência sobre as escolhas de qual material utilizar."*
- *"Foi uma experiência muito legal, saber analisar e definir em critérios faz com que você reconheça o material em que está trabalhando um pouco melhor! As vezes temos muita dificuldade em encontrar certas informações e isso é frustrante, mas faz parte. Foi uma boa forma de ver os materiais."*
- *"Interessante. Me trouxe outra forma de avaliar os impactos de um material."*
- *"Muito interessante analisar as consequências que o material traz para o meio ambiente."*

4.3. Validação dos dados pelos bolsistas

Durante a validação dos resultados¹¹ nenhum material pesquisado obteve os 9 critérios validados, sendo o problema mais frequente as fontes consultadas pelos participantes, tais como diversas matérias de sites com dados sem credibilidade científica (sem delimitação temporal ou regional), ou sem citar a referência da informação utilizada. Desse modo, os bolsistas complementaram a pesquisa dos critérios do indicador para 6 materiais, sendo 2 materiais da biosfera (papel e MDF)¹², 2 da litosfera (vidro e alumínio)¹³ e 2 da tecnosfera (PVC e PET)¹⁴.

¹¹

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1bZCZJWZvPm4vkMZI5Nv1yv4QcHDS3UB0G1Rdhfm77N4/edit?usp=sharing>

¹² https://docs.google.com/document/d/1DhsYsnX_AI7pc75-KvcHPEDaF1w7oWZeV2JN8Ke5j4w/edit?usp=sharing

¹³ <https://docs.google.com/document/d/1DBSUmjLd9lielc6YwiBzAYO6N2SsRpFfbFs4CjYt2w8/edit?usp=sharing>

¹⁴ <https://docs.google.com/document/d/1VOzq7XpzqTOol4HV2LJ8jJWb6WiHEHb1CPeCo4m7VM4/edit?usp=sharing>

Com base na planilha¹⁵ alimentada com os resultados finais validados, foram elaborados os gráficos comparativos entre os materiais para o índice geral de cada material (Gráfico 3) e para cada critério, como nos exemplos dos Gráfico 4 e Gráfico 5 Gráfico, sobre “produção de lixo” e “fração reciclada”, respectivamente.



Gráfico 3 – Gráfico com o índice geral de cada material validado pelos bolsistas. Fonte: Elaboração própria.

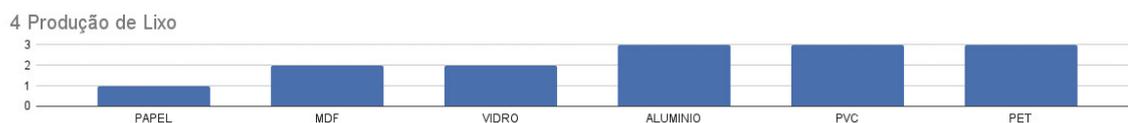


Gráfico 4 – Gráfico com o resultado do critério “produção de lixo” de cada material validado pelos bolsistas. Fonte: Elaboração própria.

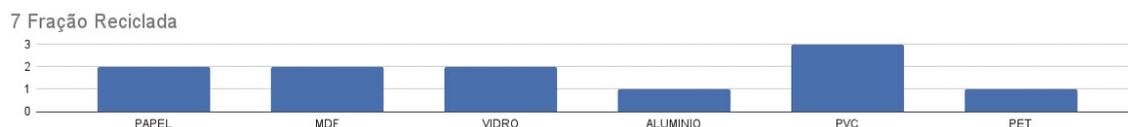


Gráfico 5 – Gráfico com o resultado do critério “fração reciclada” de cada material validado pelos bolsistas. Fonte: Elaboração própria.

4.4. Divulgação dos Resultados

Para divulgação dos resultados da pesquisa para além do ambiente acadêmico, foi desenvolvido, por um participante voluntário, um projeto gráfico de cartazes para os materiais papel, vidro e alumínio, ilustrados com os dados preliminares – Figura 1.

A publicação dos resultados por meio de cartazes dirigidos para a área de design de embalagem e interessados almeja colaborar na aproximação do setor educacional com o setor produtivo. Ao prestar o serviço de informação à sociedade, o indicador se alinha à extensão universitária.

¹⁵ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1JfSw0DkC7-Rfu0puMCnIMD1fOMjGrXOIU-cPjUFMVA/edit?usp=sharing>





Figura 1 – Projeto gráfico de cartazes para divulgação dos resultados, destacando papel, vidro e alumínio. Fonte: Elaboração própria.

5. Discussão dos resultados

O aperfeiçoamento do Indicador de Sustentabilidade de Materiais considerou as características dos indicadores da sustentabilidade compiladas por Callado e Fensterseifer (2009). Considerando as características de “seletividade e representatividade” os bolsistas retiraram o critério específico de “energia incorporada” e sintetizaram os critérios: “ciclabilidade” e “reciclabilidade, reutilização” em um único critério para evitar equívocos. Quanto às características de “simplicidade e baixo custo”, deve-se considerar o quão onerosa pode ser uma análise de ciclo de vida com base em dados primários, e como uma pesquisa exploratória, quali-quantitativa, com base em dados secundários já pode fornecer parâmetros úteis à tomada de decisão projetual. A “estabilidade e a comparação externa” foram facilitadas pela criação do modelo de padrão de resposta conforme ABNT para citação das fontes, bem como pela padronização da entrega por meio do arquivo em formato PDF interativo. Quanto à “melhoria contínua”, destaca-se a organização dos critérios em três eixos que refletem agrupamento por proximidade das informações que embasam as respostas necessárias para os três critérios de cada eixo. Ao final, considerando que os indicadores de sustentabilidade requerem uma visão multidimensional integrada, e o indicador em questão tem ênfase na dimensão ambiental, propõe-se a adequação de seu nome para “Indicador de Impacto Ambiental de Materiais (IIAM)” em suas próximas aplicações.

Ainda sobre os materiais, é importante considerar que o papel que eles desempenham na vida contemporânea vem evoluindo junto com as tecnologias, com os níveis de qualidade dos materiais e com a própria ciência dos novos materiais.

Os materiais estão se tornando tema central nas histórias que têm como foco o consumidor: materiais com superfícies antibacterianas para melhorar a higiene; compósitos avançados que dão um toque de luxo aos consumidores de eletrônicos; materiais autenticamente “genuínos” como pedras, vidros e aço inoxidável sendo usados em interiores; o uso de “ecomateriais”, ou materiais ecológicos, para aliviar a nossa culpa, e nos fazer sentir como consumidores cuidadosos (Lefteri, 2017, p. 10).

Quanto ao papel das embalagens na sociedade contemporânea e seu impacto ambiental é importante destacar que a embalagem também facilita a movimentação, o comércio e o intercâmbio de mercadorias. Seja produto alimentício para consumidores ou uma peça automobilística, todo produto é transportado ou vendido acondicionado de alguma maneira. Muitos produtos utilizam diferentes embalagens em seu ciclo de vida, da matéria-prima, ao processo de transformação até o produto. Neste aspecto, se observa que, além do material, ocorre o uso de grande quantidade de outros recursos – como energia em sua maioria na forma de combustível fóssil – para extração, purificação e processamento dos materiais, bem como os recursos para enchimento, fechamento e descarte das embalagens. Na perspectiva dos consumidores, o desejo pela conveniência vem sendo suprido por produtos solicitados por catálogos ou internet, e entregues em domicílio. Esse comportamento vem estimulando mudanças no papel das embalagens, diminuindo seu papel de persuasão para primeira compra por meio do impacto visual nas lojas, para uma atuação mais focada no encorajamento do consumidor na decisão de comprar novamente (Twede; Goddard, 2009).

6. Considerações finais

A embalagem visa proteger, conter e promover o seu conteúdo, bem como facilitar o uso do produto – abertura, armazenamento, fechamento e descarte. A escolha dos materiais depende do produto e do desempenho esperado da embalagem, os impactos ambientais da produção, uso e descarte da embalagem são também fatores importantes para os profissionais em embalagens e na redução da embalagem enquanto resíduo sólido (Twede; Goddard, 2009). Designers também podem reduzir os impactos ambientais das embalagens se especificarem materiais com frações recicladas mínimas e se seguirem certas normas, tais como rótulos ecológicos, ou especificar fornecedores ou fabricantes com sistemas de gestão ambiental reconhecidos internacionalmente, como a ISO 14001 (Fuad-Luke, 2006).

Os resultados relatados neste artigo, somados às aplicações anteriores do Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM) – agora Indicador de Impacto Ambiental de Materiais (IIAM) – permitem inferir que ele viabiliza avaliação ambiental simplificada de diferentes materiais, bem como a comparação entre eles, assim, fornecendo apoio para reflexão e tomada de decisão sobre embalagens, materiais e sistemas de produção e consumo mais sustentáveis. Porém, reconhece-se a limitação do indicador dada a imprecisão da interpretação dos dados coletados frente aos três níveis de impacto ambiental utilizados (baixo, médio e alto). Nesse viés, para futuros estudos e melhorias, recomenda-se o desenvolvimento dos descritores de cada critério com 5 níveis de impacto ambiental (como apresentado, por exemplo, na escala Likert) com valores e informações de referência para cada nível, além de fornecer mais informações sobre os critérios do indicador apontados como pouco compreendidos pelos participantes – ações visando auxiliar e aprimorar a coleta e análise dos dados. A partir da avaliação crítica dos bolsistas e do professor orientador ao final da pesquisa, sugere-se explicitar o impacto do fator territorial para os outros critérios, além do critério “distância da origem”.

Por fim, conclui-se que o desenvolvimento da pesquisa contribuiu na consolidação da pesquisa científica como essencial à universidade e parte integrante do processo de ensino e aprendizagem por meio de programas de iniciação científica. O envolvimento dos bolsistas com as atividades de ensino e dos estudantes participantes e bolsistas com atividade de pesquisa



foram percebidos como oportunidades de desenvolvimento de competências para esses estudantes, e uma forma de aplicar metodologias de ensino por meio da pesquisa científica e de novos ambientes de aprendizagem por projetos de pesquisas aplicados no setor produtivo.

Referências

BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.

CALLADO, A.L.C; FENSTERSEIFER, J.E. Indicadores de Sustentabilidade. *In*: ALBUQUERQUE, J. L. (Organizador). **Gestão ambiental e responsabilidade social: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2009.

CALVER, Giles. **O que é design de embalagens?** Rio de Janeiro: Bookman, 2009.

S&P GLOBAL. ESG Scores. **S&P Global**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/esg/solutions/data-intelligence-esg-scores>. Acesso em: 07 set. 2023.

FISKEL, Joseph. **Design for Environment**: Creating Eco-Efficient Products and Processes. New York: McGraw-Hill, 1996.

FUAD-LUKE, A. **Ecodesign**: the sourcebook. San Francisco: Chronicle Books, 2006.

GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Barueri: Atlas, 2022. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 04 dez. 2023.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. The GRI Standards: the global standards for sustainability reporting. Disponível em: https://www.globalreporting.org/standards/media/2458/gri_standards_brochure.pdf. Acesso em: 07 set. 2023.

LEFTERI, Chris. **Materiais em design**: 112 Materiais para Design de Produtos. São Paulo: Editora Blücher, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521209645/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

STRAIOTO, Ricardo G. T., FIGUEIREDO, Luiz F. Perspectivas para o Design Sustentável no Brasil a partir da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL, 3., 2011. **Anais** [...]. Recife: Editora Universitária, 2011. p. 795-806.

TWEDE, Diana; GODDARD, Ron. **Materiais para embalagens**. São Paulo: Editora Blücher, 2009. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215585/>. Acesso em: 01 set. 2023.

