

## **O Futuro dos Polímeros no Design: uma Análise Centrada na Sustentabilidade**

### *The Future of Polymers in Design: A Sustainability Focus Analysis*

**Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. Eng. – UFSC – Virtuhab**

ferroli@cce.ufsc.br

**Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Enga.- UFSC – Pós-Arq - Virtuhab**

lisiane.librelotto@ufsc.br

#### **Resumo**

Os estudos de materiais e sustentabilidade, embora oriundos de origens diversas, tendem a cada vez mais encontrarem pontos de sobreposição e interferência. A referência tradicional ao material plástico, quando relacionada ao processo projetual, se refere normalmente ao plástico de origem petroquímica, altamente poluente. No entanto, existe grande número de plásticos verdes, obtidos com materiais alternativos com qualidades similares aos tradicionais. O presente artigo apresenta um panorama geral destes materiais novos, sustentáveis e pouco conhecidos no design de produto.

**Palavras-chave:** Materiais; Sustentabilidade; Design de Produto

#### ***Abstract***

*Materials and sustainability studies, although originating from diverse origins, tend to increasingly find points of overlap and interference. The traditional reference to plastic material, when related to the design process, usually refers to highly polluting petrochemical plastic. However, there are a large number of green plastics, obtained with alternative materials with qualities similar to traditional ones. This article presents an overview of these new, sustainable, and little-known materials in product design.*

***Keywords:*** Materials; Sustainability; Product Design

## 1. Introdução

No design, quando se utilizam polímeros nos projetos na maioria das vezes materiais tradicionalmente usados e já bem conhecidos por todos são os selecionados. Os termoplásticos pertencentes ao grupo dos denominados plásticos commodities, que englobam os Polietilenos (PE), Polipropilenos (PP), Poliestirenos (PS), Policloreto de Vinila (PVC) e Polietilenos Tereftalatos (PET) são amplamente usados nos mais variados produtos, desde embalagens, até componentes de máquinas, utensílios domésticos, computadores, construção civil, jardinagem, vestuário, calçados, estofamentos, etc..

Os commodities fazem parte de um grupo maior, denominado de polímeros sintéticos, que junto com os naturais englobam mais de 700 diferentes materiais. Ambos os grupos (sintéticos e naturais) se subdividem em vários outros: plásticos de engenharia, polímeros de alta performance, plásticos commodities, polímeros naturais, biopolímeros, compósitos poliméricos, e assim por diante. A classificação e/ou divisão depende muito da fonte consultada e da origem de quem está classificando: engenharia (de materiais, mecânica, civil, de produção ou química), química industrial, design, arquitetura, ciências naturais, e até mesmo áreas não tão recorrentes ao emprego de materiais como decoração, design de joias e belas artes.

Tentar projetar nos dias de hoje um produto qualquer, de média complexidade, para qualquer área, sem utilizar-se de algum destes polímeros é praticamente impossível. São inúmeras as vantagens dos plásticos industriais sintéticos quando comparados com outros materiais tradicionais de projeto, como madeiras, metais e cerâmicas, que vão desde uma boa relação custo x benefício, leveza, resistência, facilidade de conformação, e assim por diante (MANO; MENDES, 2000). Logo, considerando-se o atual estado tecnológico de obtenção e processamento de materiais é um processo natural do processo projetual a pré-seleção deste tipo de material, sempre que as indicações técnicas conduzirem a uma relação vantajosa de adequação do uso.

Conforme explicado em Ashby e Johnson (2011), apesar dos polímeros naturais (madeiras, lã e couros, entre outros) serem os materiais mais antigos usados pelo homem, os polímeros comercializados no mundo de hoje são praticamente sintéticos em sua totalidade. Quase todos originados do petróleo, são resultantes da combinação de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Cloro e menos frequentemente de Nitrogênio e Flúor. As constatações dos autores datam de 2011, e o advento da Rio + 20, que aconteceu em 2012 começou a mudar esse panorama, no momento em que se chegou à conclusões inevitáveis sobre o futuro de nosso planeta.

A percepção da conclusões oriundas da Rio-92 começaram a ser alteradas somente em 2002, na World Summit on Sustainable Development, também conhecida como Rio+10, quando se concluiu que somente com a ação conjunta de governos, ONGs e organizações privadas seria possível implementar a Agenda 21. Na prática isso originou o consenso da necessidade de se promover tanto a produção quanto o consumo sustentável.

Há de se considerar que até 90% de toda a poluição mundial é atribuída ao petróleo que, além do uso principal como combustível é empregado em: parafina, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene, polímeros, solventes, óleos lubrificantes, etc. Destes, a produção de plásticos industriais representa mais da metade. Portanto, enquanto o petróleo se manter na dianteira da economia restará pouco mais de 10% de causas da poluição mundial sujeitas a interferência, o que torna praticamente toda e qualquer ação paliativa.

A Rio + 20, Conferência Mundial do Meio Ambiente realizada no Brasil em 2012, concluiu, de certa forma tardiamente, que toda e qualquer ação até então realizada concentrando-se apenas na reciclagem, reutilização ou redução dos materiais nos produtos constitui-se de conjuntos paliativos de soluções. A sustentabilidade, entendida então como um conjunto interligado de abordagens social – ambiental – econômica, passa necessariamente a considerar a escolha dos materiais como um dos principais atributos, devendo ser realizada nas fases iniciais do projeto.

No sentido de viabilizar na prática do dia a dia, o ciclo de vida dos produtos e dos materiais deve estar sincronizado com a abordagem proposta por Braungart e McDonought (2013), Cradle to Cradle, que de certa forma critica as abordagens ambientais recorrentes como emissões zero, pegada zero, redução, evasão, minimização, etc. argumentando de que o ser humano esforça-se para ser “menos mau” ao planeta, o que não é o mesmo que ser bom. Os autores colocam: “a maioria dos novos produtos no mercado otimiza os materiais errados” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2003, p. 17).

Tendo em vista estas considerações, e de posse dos dados atuais sobre a economia dos plásticos nos diversos setores produtivos, esse artigo apresenta a tendência de substituição progressiva dos plásticos industriais pelos denominados “plásticos verdes”. Baseando-se em pesquisas recentes e na disponibilidade atual destes novos materiais, apresenta um panorama para o futuro próximo no projeto de produtos, especificamente na parte referente à seleção de materiais poliméricos.

## **2. Plásticos Ecologicamente Corretos**

Como abordado por Barauna e Razera (2018), planejar sistemas e processos com o objetivo de obter soluções sustentáveis para a sociedade exige uma mudança de pensamento padrão projetual, denominado de inovação disruptiva. Os autores conceituam os materiais verdes como aqueles que se utilizam de recursos naturais renováveis, processos de produção limpos e uso cada vez maior de tecnologias de energia alternativas.

Não há como imaginar um mundo sem artefatos plásticos. Os materiais plásticos respondem atualmente por quase 40% das embalagens usadas no país (perdendo apenas para o papel – 42% e muito acima dos metais – 15%), além de faturamentos expressivos na indústria automobilística, construção civil, elétrica, eletrônica e têxtil.

Logo, não se trata simplesmente de não se utilizar os plásticos porque estes seriam “ecologicamente incorretos”. Trata-se de substituir os plásticos sintéticos pelos biodegradáveis/compostáveis. Sabe-se que isso é um processo gradual, mas inevitável. Dentro dessa temática, este tópico irá mostrar polímeros “verdes”, alguns já disponibilizados no mercado e outros ainda em fase de desenvolvimento.

O termo “plásticos verdes” é muito usado no mercado, porém não da forma correta. Externo a academia, são considerados como plásticos “verdes” todos os materiais que durante seu processamento ou síntese, ou mesmo em sua degradação, transporte, reuso ou reciclagem produzem menor impacto ambiental do que os polímeros convencionais.

Porém, conforme Brito e outros (2011), o termo polímero verde deve ser usado para aqueles plásticos que outrora eram sintetizados unicamente a partir de fontes fósseis, mas, em virtude dos avanços tecnológicos passaram a ser, também, sintetizados a partir de matéria prima proveniente de fontes renováveis. Isso serve unicamente para diferenciar o

polímero obtido a partir de matéria-prima renovável daquele obtido a partir de matéria-prima de fontes fósseis, como por exemplo, PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e PEverde (Polietileno verde). O fato é que esses materiais não são biodegradáveis, porém pelo fato de serem provenientes de fontes renováveis são classificados como biopolímeros.

Para efeito de inclusão projetual, considerando a quantidade significativa de termos, os itens seguintes deste artigo considerarão dois tipos específicos: os biopolímeros ou plásticos verdes e os plásticos biodegradáveis ou compostáveis.

### **3. PREPREGS biocompostos com fibras naturais**

Atualmente está sendo intensificado o uso de fibras naturais, especialmente o cânhamo, linho e juta para a fabricação de compostos biodegradáveis. De acordo com Thompson (2015) os compostos convencionais (fibra de vidro, carbono e aramida) consomem muita energia em sua produção e são difíceis de reciclar. Estes fatores, aliados a constante conscientização ambiental pelos diversos setores consumistas, estão oportunizando o uso cada vez maior das fibras naturais em materiais compósitos.

Os materiais de base biológica (prepregs biocompostos) foram recentemente classificados como um produto semi-acabado eficiente em termos de custo, principalmente os fabricados com fibras naturais unidirecionais de linho como reforço e filmes de biopolímeros termoplásticos como matriz.

As fibras naturais surgem como alternativa rentável para serem usadas como reforços. Experimentos com bambu, linho e coco estão em boa fase de desenvolvimento quando utilizados em matrizes de PLA e PHB, principalmente.

Estes compósitos possuem baixa densidade e alta resistência, o que os torna muito adequados para serem utilizados nas indústrias automotiva, moveleira e de construção civil. Principalmente nos compósitos com bambu, tem-se utilizado na matriz um tipo de poliuretano derivado do óleo de mamoma, evitando o emprego de materiais sintéticos.

Logo que finalizou a Rio-Eco 92, houve um comprometimento mundial no sentido de se buscarem materiais com baixa toxicidade e alto índice de renovação. Rowell e outros (1997) ilustram em seu trabalho essa tendência no final do século passado, que se intensificou no início deste, especialmente a partir de 2012, quando aconteceu a Rio + 20.

Os referidos autores deixam claras as vantagens do uso de fibras naturais: fontes abundantes com rápida renovação, baixo custo, pouca abrasividade, facilidade de processamento, toxicidade nula, grande flexibilidade, baixa densidade associada a grandes propriedades mecânicas e, o mais importante, baixíssima ação de aquecimento global pelo chamado ciclo fechado de CO<sub>2</sub>, que evita que haja o aumento no efeito estufa. Outro ponto apontado como vantajoso do emprego das fibras vegetais como elementos de carga nos compósitos é a reutilização de resíduos agrícolas, o que impede que esses sejam acumulados no ambiente, descartados em rios ou queimados.

Brito e outros (2011) trazem alguns valores de densidade e propriedades mecânicas de fibras naturais e sintéticas para utilização em compósitos (prepregs) biocompostos, conforme mostra o quadro 1. Há de modo claro uma vantagem muito expressiva na tensão de ruptura dos materiais sintéticos, onde o maior valor encontrado nos naturais corresponde a menos da metade do menor valor encontrado nos sintéticos.

Fibras		Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Tensão ruptura (Mpa)	Alongamento (%)
Natural	Sintética			
Algodão		1,5 – 1,6	287 – 597	7,0 – 8,0
	Fibra de Carbono	1,4	4000	1,4 – 1,8
Côco		1,2	175	3,0
Juta		1,3	393 – 773	1,5 – 1,8
Linho		1,5	345– 1035	2,7 – 3,2
	Poliamida	1,4	3000–3150	3,3 – 3,7
Rami		1,2 – 1,3	400 – 938	3,6 – 3,8
Sisal		1,5	551 – 635	2,0 – 2,5
	Fibra de vidro	2,5	2000-3500	2,8

**Quadro 1: Valores de densidade e propriedades mecânicas de materiais usados em preregs. Fonte adaptada: Brito e outros (2011).**

Estes valores menores de resistência, no entanto, são amplamente compensados pelas questões de sustentabilidade das fibras naturais, dentre as quais a reciclagem e a energia gasta na obtenção das fibras apresentam grande vantagem.

#### 4. Polímeros biodegradáveis e compostáveis

De acordo com a norma NBR 15448-1/2, para ser considerado compostável, mais de 90% do material deve ser convertido em dióxido de carbono, água e biomassa dentro de um prazo máximo de 90 dias.

Sendo assim, a maioria dos chamados plásticos verdes não são necessariamente compostáveis, mas sim biodegradáveis, com tempo variando de 120 a 180 dias para sua decomposição, quando descartados. No grupo dos plásticos verdes compostáveis são inseridos muitos materiais em fase de desenvolvimento, cujas propriedades, características, pontos fortes, limitações e principalmente meios de produção economicamente viáveis não estão claros. Pode-se incluir aqui o APeel (produzido com casca de laranja), Biocouture (celulose bacteriana), Rilsan Clear Rnew (óleo de ricino) e o plástico produzido com penas de frango. Lefteri (2017) traz algumas informações destes e outros materiais inovadores no design.

Appel é um material 100% sustentável, que usa aglutinantes orgânicos naturais. Existe na forma dura e flexível. O aglutinante usado é a pectina, substância encontrada na casca. O Biocouture, ao contrário da celulose tradicional, é produzido por bactérias crescidas em banheiras contendo folhas de chá de kombucha. De acordo com Suzanne Lee (<https://br.pinterest.com/vineshreddy/suzanne-lee/>), mentora do experimento, à medida que as bactérias digerem o açúcar do chá, elas deixam uma camada de celulose para que, depois de duas a três semanas, resultará em uma película translúcida, pronta para ser moldada. É considerado um material 100% sustentável e não tóxico. O ponto negativo é que ainda não está disponível comercialmente, e não é a prova d'água.

A figura 1 mostra um exemplo do Appel na primeira parte e um exemplo do Biocouture na segunda.

O óleo de Ricino é um líquido viscoso extraído das sementes de mamona, um dos óleos vegetais mais usados. Um dos nomes comerciais atuais é o Rilsan Clear Rnew, um plástico de qualidade óptica, de alto desempenho. De acordo com fabricantes (<https://www.arkema.com>), possui propriedades semelhantes ao nylon. Utilizada amplamente nos mercados mais exigentes, a PA11 Rilsan® (um tipo especial de

Poliamida), combina de forma única propriedades como resistência química, térmica e mecânica e permite um design único e versatilidade de processamento.



Figura 1 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: Lefteri (2017)

Recentemente o cânhamo passou a ser usado como aditivo de carga nas “madeiras plásticas”. O uso da fibra de cânhamo para a produção de tecidos não é nenhuma novidade, (já que existem amostras provenientes da China que datam de 8 mil a.C.) e pode servir para a produção de jeans, calçados, blusas, camisetas e acessórios. A produção de Prepegs já foi abordada no item anterior, e as pesquisas recentes apontam para a produção de resinas compostáveis provenientes deste material. A figura 2 ilustra um uso específico da poliamida de óleo de rícino e na parte 2 uma aplicação de micro-fibras de cânhamo.



Figura 2 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: Lefteri (2017)

Outro exemplo é o Bark Cloth, que forma um tecido especial, mas macio. Com custo em torno de US\$ 31,00/m<sup>2</sup>, para peças de 2 a 3 metros e 0,5 a 2mm de espessura, é produzido quase que inteiramente em Uganda. Também é usado em revestimento de paredes

(decoreção interna), mobílias, abajures e assentos e interior de carros de luxo. A figura 3 mostra na primeira parte a designer de Uganda, Jose Hendo usando uma de suas criações de alta costura produzida por bark cloth. A matéria prima básica é a casca de uma árvore nativa, conforme mostra a parte 2 da figura 3.



Figura 3 – exemplos de aplicações do Appel e do Biocouture. Fonte adaptada: <https://edition.cnn.com>

Os estudos multiplicam-se na tentativa da substituição definitiva dos plásticos provenientes do petróleo. De nome comercial Piñatex, um tipo de couro ecológico, feito com sobras, no caso as longas fibras encontradas nas folhas de abacaxi, está ganhando mercado principalmente na indústria da moda. Podendo ser utilizado para fabricar roupas, calçados, malas, acessórios e até móveis, este material é macio, leve, flexível, moldável e facilmente tingido. Está disponível em diferentes espessuras e acabamentos, e segundo os fabricantes é 100% biodegradável. A figura 4, na primeira parte, ilustra a aplicação deste material.

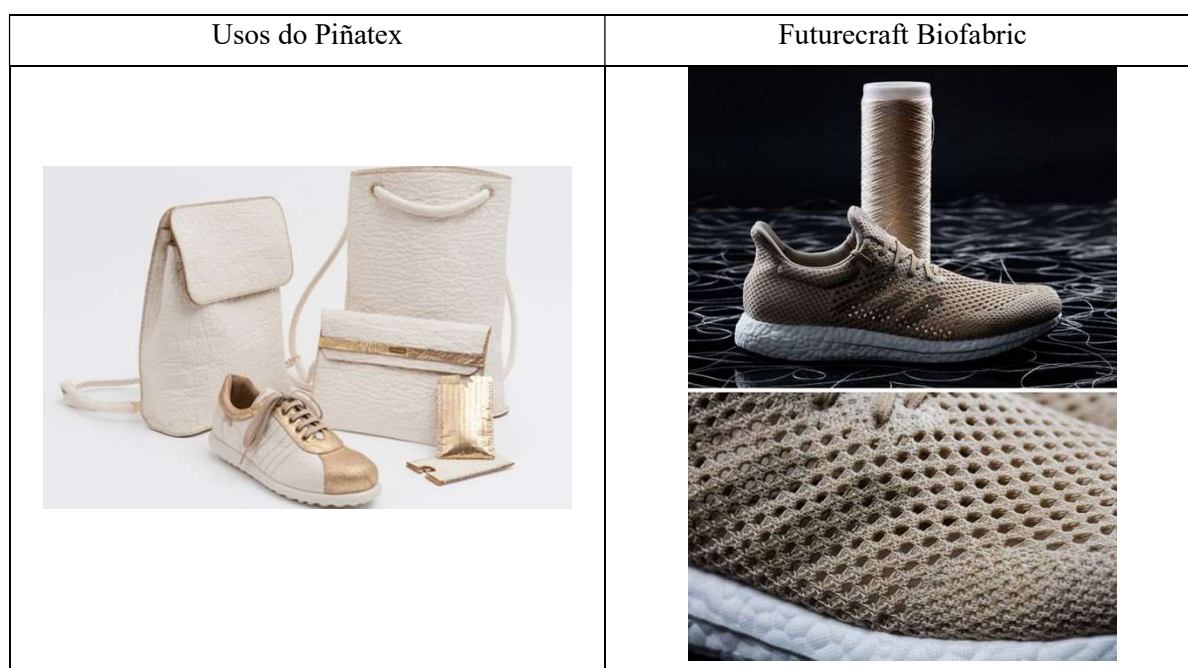


Figura 4 – exemplos de aplicações do Piñatex e Futurecraft Biofabric. Fonte adaptada: [www.azom.com](http://www.azom.com)

A parte 2 da figura 4 mostra o Futurecraft Biofabric da Adidas, o primeiro tênis do planeta produzido com seda Biosteel, uma fibra de alta performance biodegradável, que replica a qualidade da seda de aranha no desempenho do calçado. Desenvolvido em conjunto com a AMSilk, uma empresa alemã de biotecnologia, o modelo é feito de material que oferece propriedades únicas, sendo 15 % mais leve que as fibras convencionais, além de ser 100% biodegradável – assim como a seda natural das aranhas.

Dos frigoríficos, um subproduto complicado do ponto de vista ambiental que está mostrando-se promissor para a indústria de plásticos biodegradáveis são as penas de frangos. O principal componente extraído das penas é a proteína, a partir da qual são criados plásticos. A proteína encontrada nas penas é a queratina. Após passar no digestor, são reagrupadas por um processo de polimerização, formando cadeias longas e estruturas rígidas. Ferrolí (1998) apresenta toda a cadeia produtiva das fábricas de subprodutos de origem animal, onde atualmente são processadas até 80 toneladas de penas ao dia. Institutos de pesquisa de grandes frigoríficos estão trabalhando nas potenciais características do material: biodegradável; utiliza descarte da indústria de alimentos; transparente; pouco quebradiço após tratado. O material ainda está em desenvolvimento, com expectativa de entrar no mercado por volta do ano 2020. A parte inicial da figura 5 mostra o tratamento atual a que as penas são submetidas nos frigoríficos.


Processamento de penas de frangos nos frigoríficos	PLA
	

Figura 5 – tratamento das penas de frango e PLA . Fonte adaptada: Ferrolí (1998)

O PLA (Poliácido Láctico), obtido principalmente do milho pertence aos grupo de plásticos verdes já consolidados no mercado. Conjuntamente com outros materiais semelhantes, como o PHA (Poli-hidroxialcanoato), o PHB (Poli-hidroxibutirato) e o TPS (amido termoplástico), esse polímero já tem vários usos comerciais aceitos e vem gradativamente substituindo os plásticos tradicionais em embalagens, filmes rígidos e flexíveis e até cartões de crédito. Na figura 5 apresenta-se alguns de seus usos.

## 5. Considerações finais

Este artigo teve por objetivo discutir o futuro dos polímeros no campo do design. No mundo moderno os plásticos de origem sintética ocupam lugar de destaque e mesmo com todos os problemas ambientais decorrentes de seu processamento, uso e má gerência de fim de vida não existe ainda, para muitos setores, materiais alternativos que sejam



economicamente atrativos para o mercado, ou que nivelem com a cadeia produtiva da indústria de plásticos sintéticos, que mantém milhares de empregos diretos e indiretos.

A sustentabilidade em sua visão atual alia a questão econômica e social com a ambiental. De modo que não é coerente sugerir a eliminação imediata dos plásticos sintéticos com base apenas nos critérios ambientais. De imediato isso iria contra os próprio princípios do modelo ESA de sustentabilidade (Econômica, Social e Ambiental). Contudo, de modo algum isso significa ignorar os graves problemas ambientais decorrentes da má gestão de resíduos, com taxas de reciclagem muito aquém do necessário, somadas ao desconhecimento e falta de incentivos que poderiam modificar o cenário a médio prazo.

Cabe ao projetista de produtos, pesquisar continuamente a oferta de novos polímeros biodegradáveis e compostáveis, especificando e selecionando esses materiais sempre que for possível. Aos poucos o mercado irá naturalmente substituindo os materiais nocivos ao meio ambiente, sem provocar um colapso na cadeia produtiva, o que poderia proporcionar graves crises econômicas e sociais, ampliando, ao invés de reduzindo, a problemática ambiental.

Materiais novos como os apresentados nesse artigo mostram-se promissores nos mais diversos campos de atuação e com certeza representam uma pequena parcela do volume de materiais alternativos que estão sendo estudados e testados nos mais diversos centros de pesquisa, desenvolvimento e pós-graduação do país e do mundo.

## 6. Referências

- ABNT NBR 15448-2: embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 2: biodegradação e compostagem - requisitos e métodos de ensaio.
- ASHBY, M. e JOHNSON, K. Materiais e Design – Arte e ciência da seleção de materiais no design de produtos. Ed. Campus, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- BARAUNA, D. e RAZERA, D. Sustentabilidade, desenvolvimento e inovação no século 21: demandas para o design de materiais avançados. In: Design, Artefatos e Sistema Sustentável. Série Design Contexto, Blucher Open Access, São Paulo, SP, 2018, p. 57-85.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, Willim. Cradle To Cradle - Criar e Reciclar Ilimitadamente. São Paulo: GG, 2013.
- BRITO, G.F., AGRAWAL, P. ARAÚJO, E. M, MÉLO, T. J. A.. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Vedes. Revista eletrônica de materiais e processos, 6:2, pp 127-139, 2011.
- CNN.<https://edition.cnn.com/2015/12/23/africa/uganda-kampala-fashion-bark-designer/index.html>
- LEFTERI, C. Materiais em Design – 112 materiais para design de produtos. Blucher, São Paulo, SP, 2017.
- MANO, E. B. e MENDES, L. C. Identificação de Plásticos, Borrachas e Fibras. São Paulo: Blucher, 2000

ROWELL, R.; LEÃO, A.; CARVALHO, F. X.; FROLLINI, E. Utilisation of Natural Fibers in plastic Composites: Problems and Opportunities. Plastic Composites, p. 23-51, 1997.

THOMPSON, R. Materiais sustentáveis, processos e produção. SENAC Editora, São Paulo, SP, 2015.