

Viabilização econômica de peças automotivas produzidas a partir de matérias-primas sustentáveis

Miguel Juan Bacic

Doutorado em Administração pela Universidad Nacional Del Sur – Argentina
Professor da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Cidade Universitária Zeferino Vaz. Campinas/SP. CEP: 13083-857
E-mail: miguel.bacic@gmail.com

Octavio Pimenta Reis Neto

Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP e Public Policy pela Carnegie Mellon University - Estados Unidos
Sr. Business Consultant pela VISA/Coleman
Av. Mofarrej, 275 - Ap.212A, São Paulo/SP. CEP: 05311-000
E-mail: octaviopneto@gmail.com

RESUMO

O texto apresenta os resultados dos estudos realizados dentro de uma empresa automobilística visando viabilizar o uso de bancos que utilizam fibra de coco no lugar de espuma de poliuretano. Apesar das evidentes vantagens ambientais e sociais descritas no texto, os mecanismos de avaliação de custos, fundados em números internos, mostravam a inviabilidade econômica do uso dos produtos sustentáveis. Ao longo do texto, mostra-se a metodologia seguida, que permitiu mostrar a viabilidade do produto projetado para o meio ambiente. A metodologia pressupõe uma revisão do desenho dos produtos, de forma a torná-los de menor custo para o uso de produtos sustentáveis, a apuração de todos os custos ao longo do ciclo de vida do produto, incorporando os mais evidentes ao seu custo (o que tornará evidente o maior custo do produto poluidor ao longo de seu ciclo de vida). A metodologia também sugere a correção dos custos dos produtos poluidores, por parte dos órgãos governamentais, a partir da mensuração do impacto de fatores tangíveis tais como: custos de manutenção de aterros sanitários, custos de limpeza de efluentes entre outros.

Palavras-chaves: Custo ambiental. Responsabilidade social. Análise de ciclo de vida.

Economic viability of automotive parts produced from sustainable raw materials

ABSTRACT

The paper presents the results of studies carried out in a car assembly plant with a view to making viable the use of car seats that utilize coconut fiber instead of polyurethane foam. Despite the environmental and social advantages described in the

text, the mechanisms of cost evaluation, based on internal numbers, showed the economic unfeasibility of using sustainable products. Throughout the text, there is a report of the methodology followed, which allowed us to show the feasibility of the projected product to be environmental-friendly. The methodology presupposes a revision in the design of the products in order to reduce the cost of sustainable products, the verification and incorporation of all costs during the life cycle of the product, so the greater cost of the pollutant product throughout its life cycle becomes more visible. The methodology also suggests the cost correction of the pollutant products by government organs, based on measuring the impact of tangible factors such as maintenance costs of sanitary landfills, costs of cleaning effluents, among others.

Keywords: Environmental cost. Social responsibility. Life Cycle Analysis.

Viabilización económica de piezas automotrices producidas a partir de materias primas sostenibles

RESUMEN

El texto presenta los resultados de los estudios realizados dentro de una empresa automotriz con el objetivo de viabilizar el uso de asientos que emplean fibra de coco en lugar de espuma de poliuretano. A pesar de las evidentes ventajas ambientales y sociales descritas en el texto, los mecanismos de evaluación de costos, basados en cifras internas, indicaban la inviabilidad económica del uso de productos sostenibles. A lo largo del texto, se muestra la metodología seguida, que permitió demostrar la viabilidad del producto diseñado para el medio ambiente. La metodología supone una revisión del diseño de los productos, con el fin de reducir costos y facilitar el uso de materiales sostenibles, además de evaluar todos los costos a lo largo del ciclo de vida del producto, incorporando los más evidentes en su cálculo (lo que evidenciará el mayor costo del producto contaminante a lo largo de su ciclo de vida). Asimismo, la metodología sugiere la corrección de los costos de los productos contaminantes por parte de los organismos gubernamentales, a partir de la medición del impacto de factores tangibles como los costos de mantenimiento de rellenos sanitarios, los costos de tratamiento de efluentes, entre otros.

Palabras clave: Costo ambiental. Responsabilidad social. Análisis del ciclo de vida.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a responsabilidade social e ambiental das empresas apresenta um sério problema: como tornar compatíveis os resultados de avaliações realizadas dentro da ótica privada com avaliações que consideram aspectos relativos aos custos ambientais e ganhos sociais que podem ser obtidos com o uso de produtos projetados para o meio ambiente?

O presente trabalho apresenta os resultados dos estudos realizados dentro de uma empresa automobilística, no sentido de mostrar a direção e a viabilidade de usar bancos que utilizam fibra de coco no lugar de espuma de poliuretano. Apesar das evidentes vantagens ambientais e sociais, os mecanismos de avaliação de custos, fundadas em números internos, mostravam a inviabilidade econômica do uso dos produtos sustentáveis. Ao longo do texto, mostra-se a metodologia seguida, que permitiu mostrar a viabilidade do produto projetado para o meio ambiente.

1.1 O custeio no contexto do desenvolvimento de produtos sustentáveis

A discussão da sustentabilidade do desenvolvimento econômico tem se tornado um tema de crescente importância para a sociedade e para os negócios. O relatório da ONU “Nosso Futuro Comum” define desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades” (Kutlu, 2023). Essa definição aparentemente simples leva à existência de várias perspectivas e metodologias que tentam avaliar qual seria esse nível de desenvolvimento.

A questão da sustentabilidade é avaliada sob diferentes perspectivas, que nem sempre conseguem chegar a conclusões semelhantes. Uma lógica ecológica mais radical pode propor a redução imediata de toda atividade econômica para preservar os ecossistemas naturais da ação antrópica. Uma avaliação econômica mais tradicional pode não incorporar o impacto das externalidades negativas derivadas dos sistemas de produção humana, desconsiderando a contribuição dos ecossistemas naturais para a atividade econômica. Em 2015, a ONU formulou as metas para o desenvolvimento sustentável que constituem a Agenda 2030. Das 17 metas, oito referem-se diretamente às questões de sustentabilidade, cobrindo desde a busca por eliminar a fome, incrementar sustentabilidade dos meios de produção e cidades, além do cuidado com os recursos naturais (United Nations, 2015).

Até a década de 1980, a dimensão ética das empresas estava relacionada a indicadores de natureza socioeconômica e, posteriormente, passou a incluir indicadores ambientais. Foi desenvolvido um modelo internacional denominado *Global Reporting Initiative* (GRI), que é uma melhor interpretação da relação entidade-sociedade-ambiente. Waddock (2006) mostra como o GRI se tornou peça dominante

para mostrar as ações das organizações em relação às questões socioambientais em nível internacional

De acordo com Vigneau, Humphreys e Moon (2015), o relatório GRI tornou-se uma obrigação das organizações e causou impacto dentro das empresas, que tomaram os requisitos da norma como uma política de gestão, ao invés de, estabelecer uma política de responsabilidade socioambiental e depois avaliá-la com a norma ISO 26000 que apresenta Diretrizes de Responsabilidade Social. A ISO 26000 foi lançada em 2010 e tem como objetivo orientar as organizações na prática da responsabilidade socioambiental. A certificação para essa norma é voluntária. Anteriormente, a diretriz vigente no Brasil era a NBR 16.001 de 2004.

Uma inconsistência dentro desse processo é que os custos ambientais não são computados dentro das empresas, o que afeta sua habilidade em desenvolver produtos mais sustentáveis. Esses custos por estarem fora do mercado, não informam aos agentes seu verdadeiro custo. São externalidades do ponto de vista dos agentes

O Meio Ambiente desempenha três funções fundamentais para a vida (Leal, 1986):

- 1) Prover materiais e energia;
- 2) Prover bens e serviços naturais;
- 3) Assimilar detritos.

A deterioração do Meio Ambiente diminui temporária ou definitivamente sua capacidade de desempenhar tais funções.

Dentro das empresas os custos ambientais podem ser classificados, conforme Oliveira (2017), quem segue a classificação tradicional proposta para os custos da qualidade, em custos de controle da qualidade ambiental (custos de prevenção e custos de avaliação) e custos da falta de controle da qualidade ambiental (custos de falhas internas, custos de falhas externas e custos intangíveis). Essa classificação, de acordo com Silva, Kliemann Neto e Gasparetto (2003), afeta os custos já computados pelas empresas e tem a ver com seus processos internos.

O cálculo empresarial apoia-se, entre outros pilares, nos sistemas de custeio, que informam, conforme diversos métodos existentes os custos de produtos processos, departamentos, atividades (Bornia, 2017; Martins & Rocha, 2015; Stončiuvienė, Ūsaitė-Duonielienė, & Zinkevičienė, 2020). Devido a estarem além do mercado, os custos ambientais não são computados nos cálculos empresariais, que

se por um lado mostra a visão restrita na qual se baseia o sistema contábil (e econômico), por outro, e já que sua unidade é o agente, põe a descoberto uma tensão entre os interesses dos agentes individuais e o ambiente global, onde esses agentes individuais estão incluídos e têm sua existência. Como consequência, o cálculo que sinaliza as decisões empresariais é, em geral, muito otimista, pois desconsidera importantes externalidades cujo saldo, se considerados os aspectos ambientais seria negativo.

Os sistemas de custeio das empresas refletem essa lógica, pois adotam visão de curto prazo e restringem-se aos custos valorizados pelo mercado. Dessa forma, não se prestam para orientar a manutenção do padrão de vida no longo prazo, questão fundamental do ponto de vista do Meio Ambiente.

De acordo com o conceito de sustentabilidade, em uma economia sustentável as gerações futuras poderiam desfrutar de um padrão de vida igual ou superior ao atual. O termo sustentável não se abre a muita disputa: quer dizer permanência, durabilidade e manutenção da existência. Então, desenvolvimento sustentável é aquele capaz de se manter ao longo do tempo. Isso significa durabilidade tanto da produção quanto da base de recursos que a viabilizam.

Qual seria o custo da ausência de sustentabilidade? É preciso admitir que a ausência de sustentabilidade representa um custo infinito, e que, portanto, a suposição do estado sustentável é condição *sine qua non* para que a discussão acerca de custos ambientais tenha sentido.

Segundo Clemente, Souza e Nobre (1997), pode-se concluir que, ao contrário dos sistemas de custos das empresas, a contabilidade ambiental deve procurar quantificar, registrar e controlar os custos dos recursos ambientais requeridos pelas atividades antrópicas que individualmente ou em conjunto não comprometam a sustentabilidade.

Diehl (1996) descreve métodos que alcançam uma quantificação satisfatória dos fatores intangíveis (ou externalidades) que podem ajudar a melhor custear os produtos renováveis e, portanto, torná-los competitivos.

Os conceitos de disposição para pagar e de disposição para aceitar são de grande importância no contexto da valorização econômica total do Meio Ambiente porque, como se trata de externalidades, não se pode contar com as forças de oferta e de demanda de mercado para a determinação desses valores. A utilização desses

conceitos não conduz à superação da questão sobre se é possível, ou mesmo moralmente aceitável, valorar monetariamente o Meio Ambiente, entretanto, permite reduzir diferentes valores ambientais a uma só escala, tornando-os comparáveis.

Pearce e Turner (1990) resumem da seguinte forma as situações a que se aplicam os conceitos:

- a) Disposição para pagar para garantir um benefício;
- b) Disposição para aceitar para abrir mão de um benefício;
- c) Disposição para pagar para evitar uma perda;
- d) Disposição para aceitar para tolerar uma perda.

Na prática, essas disposições para pagar e para aceitar podem ser obtidas direta ou indiretamente, segundo uma variedade de metodologias; entretanto, não resultam iguais como teoricamente se poderia esperar. Ao contrário, estimativas empíricas normalmente produzem valores bem diferentes de disposição para pagar e de disposição para aceitar. Especificamente, no que se refere a perdas de qualidade ambiental, a disposição para pagar para evitá-las é em geral significativamente menor do que a disposição para aceitar para tolerá-las. A qualidade ambiental atual tende a ser tida como de direito e, por isso, as pessoas não consideram justo pagar para assegurá-la.

As empresas, em função das fortes pressões sociais, e preocupadas em garantir seu lugar no mercado, têm sido compelidas a realizar grandes esforços para atender às exigências ambientais, inclusive dotar seu processo operacional de todas as condições necessárias para que seus produtos tenham qualidade ambiental. Nesse sentido, o produto final não deve conter qualquer característica que venha a prejudicar o meio ambiente ou seus usuários, como é o caso dos produtos que contêm gases que destroem a proteção solar do planeta. Outra preocupação que deve estar presente na programação da produção, e na produção propriamente, é a forma de deposição dos resíduos finais do produto. Daí ter surgido uma porção de produtos “biodegradáveis”, muitas trocas de vidro por plástico ou papelão etc.

No processo de gerenciamento da empresa é extremamente importante conhecer todos os detalhes relevantes da elaboração de cada produto, em cada momento e ao longo dos vários períodos em que ele se mantém em linha, de forma a avaliar seu impacto sobre o meio ambiente. Algumas ferramentas, tais como o custeio do ciclo de vida do produto, a análise do impacto ambiental do produto dentro de seu

ciclo de vida e o *Design for Environment*, possibilitam as empresas desenhar, analisar e determinar o custo considerando os parâmetros ambientais.

Conhecer o custo do produto é importante para a empresa antes, durante e depois de todo o período de sua continuidade. **Antes:** *para avaliar a sua viabilidade, durante:* *para assegurar a eficiência do processo de execução e depois:* *para subsidiar decisões sobre o desenvolvimento de novos produtos.* Conforme Ostrenga, Ozan, Mcilhattan e Harwood (1997), custeio por ciclo de vida é a prática de se organizar os custos de acordo com os estágios da vida de um produto ou serviço e usar esse perfil para se tomar decisões a respeito do mesmo.

O ciclo de vida, no sentido mais abrangente, tem seu início no momento da extração da primeira matéria-prima dos elementos que vão compor o produto, o que não necessariamente acontecerá na empresa, e em muitos casos, nem no seu fornecedor. Seu término ocorrerá no instante em que se fizer a deposição do seu resíduo final. No âmbito da empresa, o ciclo de vida inicia-se na ideia da concepção do produto e, mais precisamente, no início do seu projeto, estudos de viabilidade e performance final, passa por todo o processo de produção, enquanto estiver em linha, e por fim, terminará com os procedimentos relativos à desativação da linha de produção.

Embora, no âmbito da empresa, as formas de deposição já estejam fora da sua área de atuação, providências têm sido tomadas, na própria concepção do produto, para que os restos do produto não causem malefícios ao meio ambiente. Haja vista a troca da embalagem do leite do formato vidro para plástico e depois para papelão etc. No momento da concepção do produto são definidas suas características físicas (químicas e quantitativas), idealmente, na sua constituição já devem estar previstos mecanismos antipoluentes. Ou, na pior das hipóteses, estariam previstos os elementos adicionais para impedir ou reduzir a produção de resíduos poluentes. A produção e comercialização devem ser realizadas de acordo com esses parâmetros preestabelecidos, enquanto houver aceitabilidade pelo mercado. Sob todos os aspectos, inclusive o ambiental, na medida em que os consumidores mudem o perfil de suas necessidades, a empresa deve procurar adaptar o projeto inicial, no sentido de garantir suas vendas.

Assim sendo, os custos ambientais estarão segregados por ciclo de vida do produto, e dentro desse em cada fase específica: concepção, período de produção e

fase de desativação. Obviamente, qualquer uma delas poderá ser subdividida conforme as necessidades informativas dos usuários. Esse procedimento – apuração dos custos ambientais por ciclo de vida – serve para o entendimento dos custos, sua razão de ser e das variações de um período ao outro. Esses conhecimentos podem levar a decisões importantes na condução do negócio da empresa (Ribeiro & Rocha, 1999).

A análise do ciclo de vida - ACV é uma abordagem holística que analisa o sistema como um todo, em torno de um produto específico. Ela considera a extração, o processamento da matéria-prima, a manufatura, o transporte e distribuição; uso e reuso; manutenção; reciclagem e o gerenciamento de resíduos (Fava, 1994). Também analisa os fatores que influem na sua produção e o efeito de seu uso (Hunter; Benforado, 2012; Suzianti, Putra, & Sibuea, 2020). A ACV é parte do conjunto de normas ISO 14000, especificamente da ISO 14040. Essa norma apresenta diretrizes para orientar os estudos de avaliação ambiental (Bhander, Hauschild, & Mcaloone, 2003). Suas informações podem servir de base para realizar o custeio do produto durante seu ciclo de vida.

Os impactos ambientais são determinados pelas entradas e saídas durante o seu ciclo de vida, no qual pode-se obter uma série de efeitos ambientais quantificáveis, tais como: entrada (matérias-primas ou energia) e saídas (emissões totais dos gases, lançamento total dos efluentes, consumo total de energia, geração total de resíduos e contaminação total do solo, e outras liberações como: ruído, vibrações, radiações, calor etc.),

Chehebe (2002) entende que as informações obtidas por meio da análise do ciclo de vida podem ser úteis no processo decisório, na seleção de indicadores ambientais ou na elaboração de novos produtos ou processos, bem como, para a correção de falhas na projeção do produto em linha, e, além disso, afirma: “A ACV encoraja as indústrias a sistematicamente considerar as questões ambientais associadas aos sistemas de produção (insumo, matérias-primas, manufatura, distribuição, uso, disposição, reuso, reciclagem). Ajuda a melhorar o entendimento dos aspectos ambientais ligados aos processos produtivos de uma forma mais ampla, auxiliando na identificação de prioridades e afastando-se do enfoque tradicional end-of-pipe para a proteção ambiental” (Chehebe, 2002).

Outro importante conceito é o DFE (*Design for Environment*), que contribui com a desenho de produtos de menor impacto ambiental. As escolhas que os projetistas fazem durante o desenvolvimento de um produto novo ou melhorado, determinarão o impacto ambiental durante cada fase do ciclo de vida do produto, desde a aquisição de materiais passando pela manufatura, uso, reuso e finalmente o descarte final do produto (Pimenta Reis Neto, 2003).

Todos os produtos, processos, serviços afetam o meio ambiente em todos os estágios de seus ciclos de vida. Sua introdução no meio ambiente pode originar emissões aérea, líquida ou sólida que são descarregadas no solo ou na água.

Considerações tradicionais tais como desempenho do produto, custos de manufatura, confiabilidade do produto têm de ser balanceadas com objetivos ambientais, tais como: minimização da redução de recursos, aumento na eficiência energética e reciclabilidade, e os gerenciamentos de riscos associados aos danos ao meio ambiente. Uma falha pode resultar em uma perda de recursos naturais e decrescer então a biodiversidade, degradar a qualidade do ar e da água, além da perda de materiais reutilizáveis e recicláveis. O profissional de *design* pode ajudar a eliminar essas falhas. Os mesmos podem avaliar também o desempenho ambiental de seus produtos e propor soluções muito originais aos interesses ambientais, ou eles podem ainda ajudar a sintetizar as melhorias que agora incluem interesses ambientais. A prática de realizar formalmente esse processo de melhoramento do projeto é conhecida como *Design for Environment* (DFE), ou ainda, Projeto orientado para o Meio Ambiente.

O DFE integra o critério ambiental com diretrizes usuais de critérios de desempenho, custo, cultura, legal e técnico. Inclui considerações ambientais para definir a função e especificação para os produtos. Usa os conceitos de ciclo de vida, a fim de reduzir o impacto ambiental gerado pela aquisição de matéria-prima, manufatura, uso e descarte de um produto. Identifica e avalia interações ambientais com *check lists* que servem para dar oportunidade de otimização do projeto do produto.

Outra ferramenta importante que pode auxiliar na decisão pela utilização de materiais recicláveis ou de fontes renováveis está na norma alemã VDI 2243. Tendo como fim o acesso e a otimização da compatibilização entre o meio ambiente e os processos produtivos, a norma já prevê que os aspectos econômicos e ecológicos

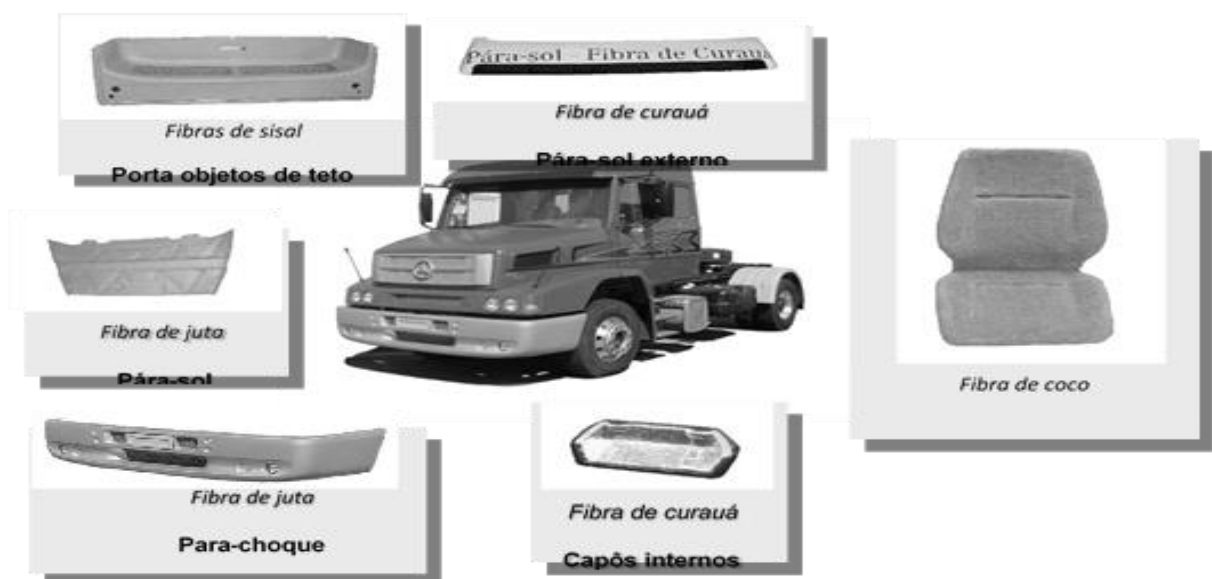
sejam levados em conta já no início do projeto apoiado por ferramentas como o ACV e DFE (Pimenta Reis Neto, 2003).

Em trabalho recente, Giacomini, Unno, Eichbauer e Atkins (2019) fazem uma revisão literária sobre resíduos da indústria automotiva, concluindo, a partir dos trabalhos encontrados, a importância do DFE e do ACV no desenvolvimento de veículos e componentes para a mitigação das emissões ao longo e após suas vidas úteis.

1.2 Fontes renováveis na indústria automobilística

Descobrir alternativas tecnológicas para fibras naturais tem sido o objetivo de muitos pesquisadores nos últimos anos. Estudos mais recentes apontam para empresas que estão começando a investir em nichos heterogêneos, ou seja, em produtos com maiores possibilidades de mercado e que estejam necessariamente voltados para proteção ambiental.

Dentro desse quadro de oportunidades, a indústria automobilística desponta como exemplo de um bom consumidor de fibras vegetais e, em especial, das fibras de sisal e coco, já contando com amplo know-how na aplicação de fontes renováveis na produção de vários componentes. A fim de ilustrar as possíveis aplicações das fibras obtidas das regiões mais pobres do Brasil, a Figura 1 mostra as possibilidades de aplicações desenvolvidas pela indústria automobilística.



Muitas fibras naturais têm sido utilizadas como reforço para compósitos, entre elas linho, coco, juta, rami, algodão e sisal. Disponíveis em grandes quantidades e possuindo inúmeras vantagens, as fibras naturais têm sido utilizadas como agente de reforço e enchimento para os materiais plásticos. Elas se constituem basicamente de celulose, hemicelulose e lignina. Esses constituintes, por sua vez, são polímeros naturais com boas possibilidades de substituir, em parte, os polímeros sintéticos.

Devido justamente aos seus constituintes, as fibras vegetais não se fundem ou amolecem, fato que impossibilita o seu processamento pelas técnicas de preparação utilizadas para os termoplásticos convencionais. No entanto, podem resistir a temperaturas de até 200°C, sem perda significativa de suas principais propriedades, características que as tornam bastante atraentes para a utilização como fibras de reforço em compósitos.

O uso de fibras naturais em compósitos reforçados não constitui, na realidade, uma novidade. No passado, os compósitos de látex de borracha, reforçados com fibras de coco para uso em estofamento de automóveis, foram amplamente utilizados. No entanto, a partir da década de 60, eles começaram a ser constituídos por espumas de poliuretano (Pimenta Reis Neto, 2003).

Essa espuma, à base de isocianato, libera durante a combustão o gás cianídrico, altamente tóxico. Por isso, é de extrema importância que se considere o desempenho dos produtos que utilizam fibras vegetais, buscando-se também respostas socioambientais para o seu uso.

Vários estudos têm sido realizados sobre as aplicações das fibras de sisal e juta em compósitos reforçados, podendo-se citar os de Joseph, Thomas e Pavithran (1992) e Júnior, Bellini, Ellenberger e Keinert (2020) ambos voltados para analisar em especial a melhoria das propriedades físicas e mecânicas dos compósitos, quando reforçados com fibras vegetais.

Os produtos fabricados com as fibras de celulose são mais leves do que os produtos convencionais e, portanto, mais fáceis de transportar e instalar. Outra razão importante para o uso das fibras de celulose deve-se ao seu maior isolamento térmico. Os produtos reforçados com essas fibras oferecem economia em termos de custos de aquecimento.

1.3 Iniciativas de desenvolvimento sustentável na indústria automobilística

Uma iniciativa, ligada ao Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia (POEMA), está unindo pequenos produtores de coco do interior do Pará à multinacional alemã Mercedes-Benz, com bons resultados para todos os envolvidos. O projeto consiste na utilização de fibras naturais, extraídas da casca do coco, na fabricação de encostos de cabeça, pára-sol interno, assentos e encostos de bancos, que equipam veículos Mercedes-Benz produzidos no Brasil. O Poema foi idealizado pela Universidade do Pará na época da Rio 92, com o objetivo de frear a devastação dos ecossistemas amazônicos, dar trabalho à população local e promover a utilização de matérias-primas renováveis. Para tanto, propôs parceria a Mercedes-Benz, que investiu US\$ 1,4 milhão na pesquisa "Tecnologia Ecológica", onde foram estudadas várias alternativas de matérias-primas (fibras, óleos, corantes, resinas e borracha) até alcançar um produto competitivo e de qualidade.

O uso de fibra de coco para a produção de encostos de cabeça e assentos de bancos para veículos já é uma realidade em montadoras como a Mercedes-Benz e Volkswagen. A matéria-prima de fonte renovável é utilizada em substituição ao PU, que na forma de espuma gera grande impacto ambiental devido a sua não reciclabilidade. Outro fato importante, do ponto de vista econômico, é que a matéria-prima derivada do petróleo vem apresentando alterações sucessivas de preço em função das crescentes altas no preço do barril de petróleo no mercado mundial e a desvalorização da moeda de nações em desenvolvimento (Pimenta Reis Neto, 2003).

Outro grande projeto é o da APAEBⁱ (Associação dos Pequenos Agricultores do Município de Valente – BA) que obteve êxito na viabilização de micros, pequenos e médios projetos econômicos (desde pequenas hortas e oficina artesanal de retalhos de tecido até uma pequena usina de beneficiamento do leite caprino e uma fábrica de tapetes e carpetes de sisal) visando a sustentabilidade dinâmica do território através da proposta de convivência com o semiárido (Miranda do Nascimento, 2000).

Como modelos de trabalhos voltados ao desenvolvimento sustentável, os projetos POEMA e APAEB atendem às necessidades das três grandes áreas que devem interagir harmonicamente, com o objetivo de propiciar a sustentação ambiental e ações de responsabilidade social por parte das empresas: sociedade, meio ambiente e economia.

A fim de viabilizar a aplicação de fibras de coco em bancos, um projeto experimental foi montado na comunidade de Marajó-PA que levou à criação de uma fábrica destinada à produção de encostos de bancos para caminhões. A produção industrial veio com a inauguração da Poematec Ltda., uma fábrica de produtos feitos de fibra de coco criada por oito professores e pesquisadores da Universidade do Pará, em Ananindeua, região metropolitana de Belém. O investimento foi de R\$ 8 milhões, da Mercedes-Benz - que cedeu os equipamentos em comodato por dez anos -, do Banco da Amazônia (BASA) e do governo do Pará. As cascas de coco são fornecidas por oito comunidades, que instalaram pequenas fábricas para o processamento da fibra do coco. A partir daí, a Poematec produz os componentes finalizados. Na sua capacidade total a indústria consome, por mês, 45 toneladas de fibra de coco e 35 toneladas de látex natural. Com isso, seu potencial é de gerar 150 empregos diretos na colheita e 400 empregos nas unidades fabris. O projeto Poema, além de atender à política ambiental mundial do grupo Mercedes-Benz, de produzir veículos mais compatíveis com o meio ambiente e recicláveis possíveis, demonstra o compromisso da empresa com o desenvolvimento de ações de caráter social (Pimenta Reis Neto, 2003).

O trabalho desenvolvido pela APAEB vem demonstrando, na prática, ser possível promover o desenvolvimento sustentado regional e a agropecuário no semiárido, com a adoção de tecnologias simples e adaptadas à região, assistência técnica adequada e crédito facilitado, contrariamente ao que preconizam muitos estudos técnicos para justificar a omissão do governo.

Embora se saiba que os problemas da região semiárida são de natureza histórico-estruturais, que requerem medidas continuadas de longa duração para serem solucionados, e apesar do pouco espaço de tempo de interferência da APAEB, alguns resultados já demonstram a viabilidade do trabalho (Mance, 2002): Um dos mais importantes exemplos de desenvolvimento sustentável é a aplicação de fibras de coco em almofadas de assento e encosto de bancos para veículos. O material veio para substituir o poliuretano (polímero derivado do petróleo) que após a reação química entre um isocianato e um polioliol, produz a espuma dentro da cavidade de um molde.

Ao contrário do poliuretano que leva mais de 400 anos para se degradar, a fibra de coco é 100% biodegradável e renovável. Na Europa, a fibra de coco já é utilizada

em estofamentos de carros desde a década de 40 e no Brasil, desde os anos 70. Porém, na década de 90, os preços até 30% superiores aos da espuma de poliuretano assustaram as montadoras. Em 2000, a empresa Poematec, situada em no Distrito Industrial de Ananindeua / PA, reabriu o mercado nacional ao desenvolver um projeto de modernização da produção que conseguiu reduzir satisfatoriamente o custo da matéria-prima, hoje apenas 5% mais cara do que o poliuretano. A expectativa da empresa é de que o aperfeiçoamento da tecnologia de produção iguale ao preço de fibras de coco e do poliuretano em 2004. O novo processo de produção venceu a etapa norte do Prêmio FINEP, em 2000.

O fornecimento de fibras à empresa paraense é dado pelas cooperativas comunitárias rurais de 8 distritos do Pará. Isso se traduz em, aproximadamente, 4.000 novos empregos criados na produção de fibra de coco, incluindo produtores agrícolas, e cerca de 400 empregados na planta de extração de fibra e manufatura de encostos e assentos da empresa. Sob o ponto de vista socioeconômico, a atividade dessa e de outras empresas que estão trabalhando com matérias-primas naturais é muito importante, já que, há 12,8 milhões de pessoas na região norte vivendo em condições mínimas de saneamento básico, alimentação e educação, o que corresponde a 7,6% da população brasileira.

1.4 Dificuldades de viabilização econômica do produto natural em comparação ao sintético

Uma das grandes vantagens técnicas do produto em fibra de coco é a presença de alumina, que, em caso de incêndio, não deixa as chamas se alastrarem pelo banco. Já os estofamentos em poliuretano são altamente inflamáveis e, quando em combustão, liberam o gás cianídrico que, além de poluente, pode matar em dez segundos se inalado. Outra vantagem é a presença de tanino, um fungicida natural que inibe o aparecimento de ácaros e fungos. Segundo a Poematec, a durabilidade dos componentes de bancos em fibra de coco é 30% superior, o que lhe confere mais uma vantagem sobre o *commodity* derivado de petróleo.

Dadas as vantagens ambientais e sociais do uso da fibra de coco uma empresa automobilística, tentou introduzir, no ano de 2003, esse material dentro de sua linha de produção de bancos. Mas, esbarrou com os resultados de uma análise de custos,

que ao não considerar os aspectos ambientais, mostrou que o produto sintético era mais econômico que aquele elaborado com fibra de coco.

Avaliando tecnicamente um banco com almofadas de fibra de coco é muito similar aos produtos em poliuretano. Contudo, por não ter uma homogeneidade estrutural equivalente ao das espumas comuns, em função de ser um aglomerado entrelaçado de fibras de celulose embebidas em látex, necessita que, a estrutura metálica que suporta as almofadas, seja mais estruturada.

Além disso, dependendo da aplicação do veículo (fora de estrada ou urbano-rodoviário) e do tipo de suspensão do banco (estático, hidráulico ou pneumático), nas fases de conceituação e desenvolvimento fica constatado o comprometimento do conforto do usuário. No caso das espumas poliméricas quando isso ocorre, no próprio processo de polimerização com espumação é possível alterar a densidade da espuma, tornando-a mais tenaz. No caso das almofadas em fibra de coco, a única ação que efetivamente minimiza o desconforto é a aplicação de mantas de feltro entre o estofado e a capa de acabamento (vide Figura 1).

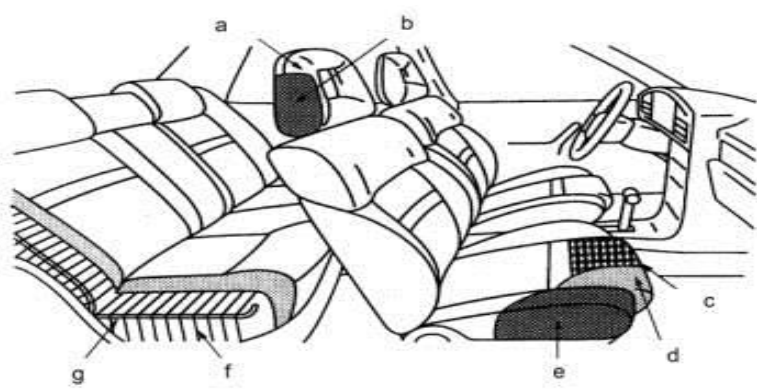


Figura 1. a. Apoio de cabeça; b. corpo em fibra de coco; c. capa de acabamento com espuma; d. manta de feltro; e. apoios laterais em fibra de coco; f. almofada em fibra de coco; g. estrutura metálica para estabilizar o conjunto.

Contudo, esses recursos que garantem a estabilização da forma das almofadas ao longo do tempo e a acoplagem das mantas de feltro para minimizar o desconforto, vêm comprometendo a aplicação da fibra de coco nos bancos, pois além de já estarem em desvantagem de 5% em comparação ao kg de espuma de poliuretano, têm acrescido em até 40% a mais no custo final do produto, conforme mostrado no gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

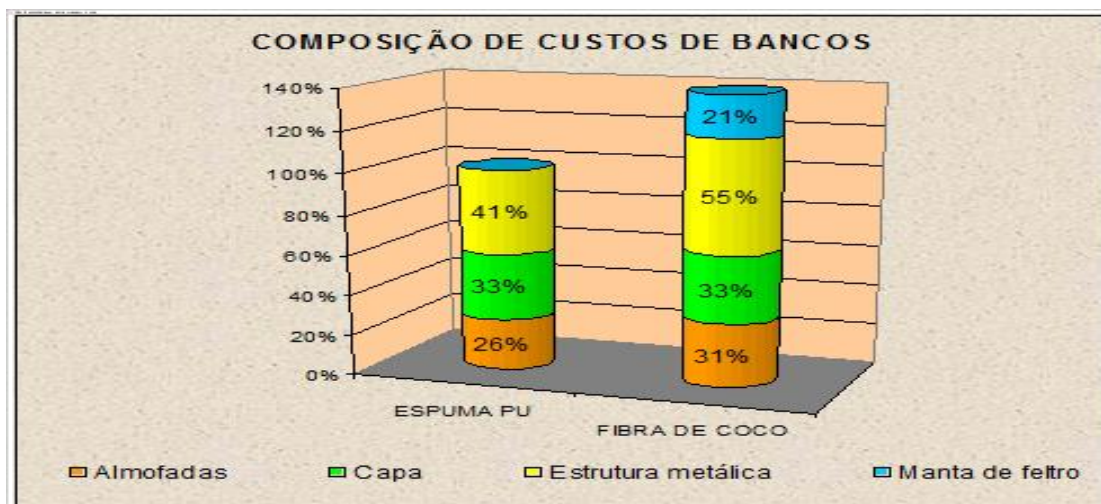


Figura 3. Gráfico comparativo de composição dos custos de bancos

Face desse incremento nos custos do componente, os fabricantes de automóveis de imediato têm a apenas 2 alternativas: repassar a diferença para o preço do veículo ou abandonar a fibra natural como matéria-prima para a fabricação de seus bancos. Como o mercado automobilístico é muito competitivo, os incrementos isolados nos preços dos produtos não são admitidos, o que é refletido rapidamente pela perda na participação de mercado. Dessa forma, fica claro que a segunda alternativa é a mais adotada na indústria automobilística brasileira. Na melhor das hipóteses, as fibras de coco são mantidas como matérias-primas alternativas às oscilações de câmbio e de valor do barril do petróleo no mercado internacional.

A análise das informações da composição de custos dos bancos em fibra de coco mostra que as alterações no projeto original de bancos já existentes, com o propósito de garantir a estrutura e o conforto dos estofados, são os verdadeiros responsáveis pela desvantagem econômica do projeto sustentável.

As empresas tendem a adotar a premissa de utilizar meios já existentes para desenvolver novos produtos. Acreditam que, desse modo, os investimentos e riscos associados às tarefas de desenvolvimento são minimizados. Contudo, no caso de um projeto como o de bancos automobilísticos produzidos a partir de fibras de coco, tal procedimento compromete totalmente sua implantação.

O comportamento mecânico da espuma de poliuretano é totalmente diferente do aglomerado entrelaçado de fibra de coco embebido em látex. E, originariamente, a estrutura metálica do componente foi idealizada para trabalhar em conjunto com as reações do material derivado de petróleo. Os investimentos em ferramentais e

modificações necessárias durante o desenvolvimento foram feitas para viabilizar sua aplicação.

Assim sendo, fica claro que qualquer trabalho para a substituição do material existente por outro de comportamento mecânico diferente, seja ele renovável ou não, implicará em um complexo processo de adequação de projeto existente que se pode mostrar mais caro que o original.

2 OBJETIVO

Apresentar uma proposta para tornar economicamente viáveis soluções produzidas com insumos naturais, a partir do caso prático de bancos automotivos com fibras vegetais.

3 METODOLOGIA E RESULTADOS ESPERADOS

Em vista desses comentários, a viabilização da aplicação de um componente, como um banco em fibra de coco, poderia ser trabalhada a partir de uma metodologia que será proposta a seguir:

3.1 Passo 1: Desenvolvimento de produtos sustentáveis

3.1.1 Procedimento



Figura 4. Fluxograma proposto para o desenvolvimento de novos produtos

3.1.2 Comentários

Aplicado especialmente no desenvolvimento de novos produtos, o passo 1 da metodologia buscaria orientar o projetista para a criação de um produto tendo em mãos o material de fonte renovável que se deseja utilizar, sendo conhecidos os seus parâmetros de estrutura, propriedade e comportamento em serviço/processos de transformação, a aplicação a que se destina o componente e, finalmente, e os requisitos técnicos do produto sob condições de trabalho.

3.1.3 Resultados esperados

Como visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a composição de custos do banco em fibra de coco apresenta uma estrutura metálica cerca de 34% mais cara que a do banco convencional em PU. Além disso, o banco com material renovável aponta para um incremento de 21% referente à aplicação da manta de feltro, enquanto que o seu contratipo não a utiliza.

Já explicados anteriormente, tais incrementos foram gerados pela implantação de alguns recursos que contornam problemas de durabilidade e conforto do banco em fibra de coco. Contudo, se forem consideradas as fases do fluxograma da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, será elaborado um projeto específico para os estofamentos, levando-se em conta as propriedades físicas do aglomerado de fibra de coco, a aplicação e quais os requisitos técnicos do banco.

Em suma, ao invés de se adequar uma estrutura existente ao novo estofamento, uma nova estrutura será criada para atender aos requisitos técnicos e de aplicação com almofadas em fibra. Por extensão, com uma estrutura metálica mais enxuta, e um trabalho sobre o grau de compactação do aglomerado de fibras embebidas em um volume de látex mais adequado, certamente a manta de feltro poderá ser eliminada.

Um bom exemplo, que pode respaldar a argumentação, foi o trabalho desenvolvido pela Volkswagen nos bancos do seu utilitário Kombi na década de 70. Suas almofadas, todas em fibra de coco, não necessitavam de mantas de feltro em função de sua estrutura metálica contar com molas que garantiam a sustentação das mesmas, além do conforto ao usuário.

A redução de custo esperada nesse passo pode levar o banco de coco, que no estudo apresenta-se 40% (vide **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) mais caro que o de PU, para apenas 6% a ser trabalhado nos próximos passos propostos.

3.2 Passo 2: Custeamento do produto sustentável comparativamente ao produto já existente levando em consideração as externalidades

3.2.1 Procedimento

Nesta etapa mostrar o impacto da geração de custos ambientais, imputando ao produto os valores encontrados.

O custo do produto final em poliuretano, apurado na empresa não considerava a Resolução do CONAMA no 267/2000 de 11/12/2000, que informa serem as empresas responsáveis pelos resíduos gerados pelo seu funcionamento e, além disso, pelo destino final dos seus produtos depois de finalizada sua vida útil (Princípio do Berço ao Túmulo). Não discute aqui se as exigências serão efetivamente cobradas. O fato mais importante é que existem e a argumentação girará em torno das regras e que existe um precedente na Europa, de acordo com o Regulamento da Comunidade Europeia no 2037/2000 de 29/06/2000.

Assim, como no caso dos pneus, o cronograma que prega o término da fabricação de espumas de PU expandidas por CFC iniciou-se em 2003 com a redução de 55% e com término total até 2007.

Os custos adicionais a serem aplicados ao produto não renovável serão obtidos a partir da análise de algumas externalidades geradas pela sua existência e que vêm comprometendo o meio ambiente. Podem-se citar algumas delas, tais como: a manutenção de aterros sanitários, incineradores, o desenvolvimento de novas técnicas de espumação e de reciclagem entre outros.

Como não se dispõe de um estudo concreto sobre a composição do lixo no Brasil, em especial quantificando o montante de espumas de estofamentos, o custo para incinerá-los, ou ainda, o custo da reciclagem por determinada técnica, estimar-se-á tais valores a partir de informações de mercado sobre outro componente da indústria automobilística: os pneus. Assim como as espumas de PU, os pneus também apresentam um cronograma que tem como meta até 1º de janeiro de 2005 as empresas fabricantes de pneus devem dar destino final a 5 pneus já utilizados para cada 4 recém-fabricados.

O destino de muitos desses pneus que começaram a ser devidamente inutilizados iniciou-se em 2002 e, apesar de alguns trabalhos de compostagem em

massa asfáltica, a prática da incineração ainda é muito utilizada, já que é muito mais rápida e menos onerosa.

3.2.2 Comentários

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Lixo Municipal de 1995, trabalho conjunto do IPT e CEMPRE, o Brasil gerar cerca de 10 milhões de carcaças de pneus/ano. Entre 1995 e 1999 o passivo ambiental já atingia 40 milhões de carcaças e, em 2002, a previsão era de 70 milhões.

A alternativa para fugir das pesadas multas e do comprometimento da imagem foi a adoção da incineração que custa às empresas cerca de R\$ 200,00/t.

A rotatividade dos estofamentos de espuma não é comparada ao dos pneus, contudo, se pode estimar que a cada 15 anos (vida útil estimada de um bom estofamento) há um passivo de até 690.000 almofadas para os 115.000 veículos produzidos anualmente no Brasil (cálculo feito considerando-se o descarte 3 encostos e 3 assentos para cada veículo que foi sucataado ou reformado ao final de 15 anos). Como cada almofada tem, aproximadamente, 5kg de massa, tem-se 3.450t de espumas lançadas no meio ambiente anualmente, contaminando as águas e o solo.

3.2.3 Resultados Esperados

Como no caso dos pneus, as empresas que produzem espumas para a indústria automobilística passarão a contratar os serviços de incineração, já que as técnicas de reciclagem do PU ainda estão em desenvolvimento, apresentando baixo volume de produção e custos muito elevados. Assim como no caso dos pneus, independentemente do recurso usado para a sua reciclagem, o custo do trabalho adicional também será adicionado ao custo final do produto.

No caso das espumas, a incineração de 3.450t/ano gera um custo de R\$ 690.000,00 (seiscentos e noventa mil reais) anuais que, para uma produção de 690.000 almofadas, o valor de R\$ 1,00/almofada será acrescido nas planilhas de custo dos bancos fornecidos às montadoras (vide

Figura 2).

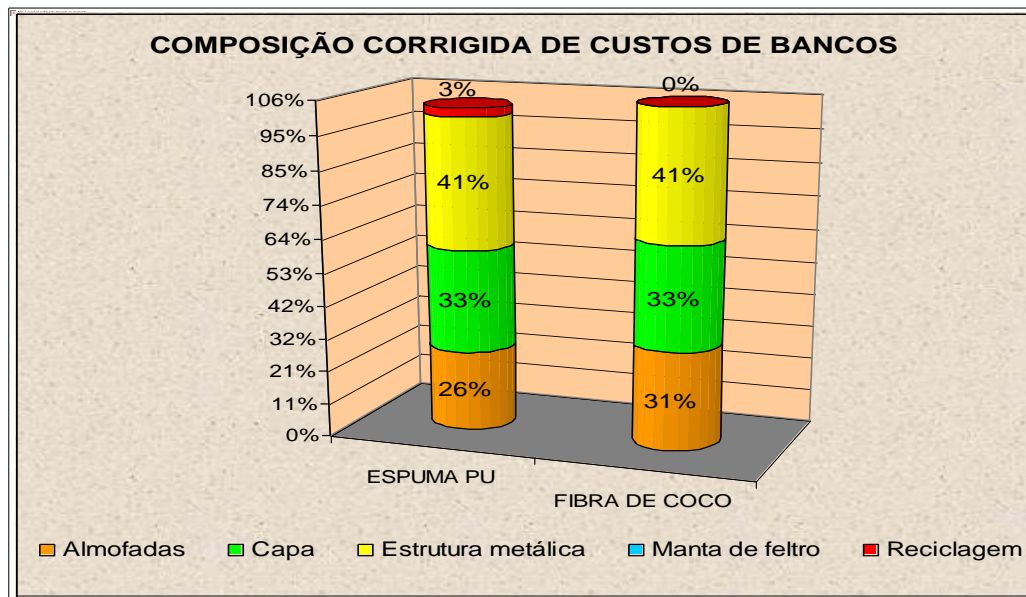


Figura 2. Gráfico comparativo dos custos corrigidos de bancos

Ainda que o recurso da incineração pareça um pouco rudimentar para o trabalho, é fato que é muito aplicado e, mesmo que venha a ser substituído por técnicas mais elaboradas, os custos de sua aplicação ainda incidirão sobre o produto final.

O computo desse custo praticamente iguala os custos dos bancos de PU e de fibra de coco. Esses últimos aparecem com um custo superior de 3%, comparativamente aos primeiros.

Essa pequena diferença de custo, pode ser desprezada se passam a ser consideradas outras vantagens para a empresa, a saber a adequação a mercados externos. A aceitação do banco em fibra de coco no mercado Europeu é líquida e certa, já que, a Legislação Ambiental europeia já condena a aplicação de espumas em componentes.

3.3 Passo 3: Aplicação de instrumentos econômicos

Evidentemente, que não será possível demonstrar a viabilidade econômica de todos os projetos ambientais, especialmente porque os instrumentos privados de avaliação não consideram os possíveis benefícios sociais da aplicação de produtos sustentáveis. Nesse aspecto é importante a ação do Estado, discriminando a favor dos produtos sustentáveis, com instrumentos econômicos, considerando o importante papel que produtos sustentáveis podem ter na inclusão social.

Na Europa vêm sendo utilizados instrumentos econômicos para incentivar o desenvolvimento sustentável. Tais instrumentos podem ser: Reforma Fiscal-Ambiental, “Eco-Taxas”, Mercados de Direitos, Esquemas de Depósito-Retorno, Subsídios ou Crédito Bonificado para Projetos Ambientais, Mecenato Ambiental, Seguros de Responsabilidade Civil ou Mecanismos de Caução por Danos Ambientais ou Fundos para a Recuperação de Situações Degradadas.

Instrumentos desse tipo, mesmo sendo em si mesmos positivos, não configuram, no entanto, qualquer estratégia coerente ou metas para a aplicação de instrumentos econômicos ao ambiente.

Os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador, consagrados há mais de quinze anos na Lei de Base do Ambiente, não são suficientemente aplicados. Os recursos ambientais não são sujeitos a taxas de utilização, ou essa valorização fica muito aquém do custo real, seja para a salvaguarda do patrimônio ambiental, seja para a gestão eficiente do recurso em termos econômicos. Por outro lado, os sistemas fiscais e de incentivos são geralmente cegos às consequências ambientais, e em alguns casos são mesmo claramente promotores de disfunções ambientais. Esse efeito sobrepõe-se largamente aos escassos apoios à proteção do ambiente. Essa situação gera distorções de mercado e comportamentos negativos para o ambiente por parte dos agentes econômicos.

A fim de corrigir tais distorções, o *European Environmental Bureau* – 2001 (EEB) indicou às nações as seguintes propostas:

- eliminação de todos os subsídios prejudiciais ao ambiente até 2005;
- transferência de pelo menos 10% do total de receitas fiscais, dos Impostos sobre o trabalho (IRS), para impostos baseados em critérios ambientais, até 2010;
- criação de incentivos fiscais mais abrangentes para a proteção do ambiente;

Podem ser formuladas medidas fiscais específicas tais como:

Impostos sobre o rendimento (IRS e IRC): redução da carga global desses impostos e ampliação dos benefícios fiscais pelo bom desempenho ou investimentos ambientais;

IVA: redefinição do IVA de alguns produtos em função de critérios ambientais;

Combustíveis e veículos: alteração do Imposto Sobre os Produtos Petrolíferos de forma a refletir as consequências ambientais dos combustíveis; alteração dos

impostos sobre automóvel e de circulação para promover a eficiência energética e ambiental e a segurança dos veículos;

Criação de “Eco-Taxas”:

- **Água:** implementação dos princípios do utilizador-pagador e poluidor-pagador no sentido de promover a eficiência do uso da água, a redução da poluição na origem, e os meios financeiros para a gestão dos recursos hídricos (por exemplo, o preço da água ao consumidor dever refletir o custo real da sua disponibilização);
- **Emissões atmosféricas e energia:** implementação do princípio do poluidor-pagador; devendo as receitas desta taxa serem consignadas à gestão da procura de energia;
- **Resíduos:** implementação do princípio do poluidor-pagador para todo o tipo de resíduos, repercutindo no produtor de resíduos a totalidade dos custos de gestão e tratamento; aplicação de discriminação negativa ao uso excessivo de embalagem e material;
- **Indústria extrativa:** implementação do princípio do utilizador-pagador.

No caso brasileiro uma Reforma Fiscal visando uma política de desenvolvimento sustentável no país poderia reconhecer, por um lado o maior impacto ambiental dos derivados de petróleo, eliminando o subsídio implícito a sua utilização e por outro o menor impacto ambiental dos produtos sustentáveis, reduzindo o valor do ICMS sobre produtos manufaturados a partir de matérias-primas renováveis. Tais ações certamente não gerariam queda de receita para o governo, pois trariam ganho pelo lado do aumento da arrecadação pelo uso de produtos derivados do petróleo e por outro poupariam despesas anuais com a limpeza de rios, lagos e mares que geram outras despesas sobre saúde e saneamento básico, além de grandes investimentos contra enchentes e reconstrução de cidades.

Simplesmente a título de simulação para o caso estudado, supondo um valor de ICMS de 18%, o que equivale à uma taxa de 21,95% - *cálculo por dentro* - a redução em 7% desse valor levaria à uma taxa de produtos reconhecidamente sustentáveis de até 5,48%, ou uma alíquota de 4,5%. Adicionada à eliminação de subsídios sobre derivados de petróleo, que hoje chega a 11,8% entre um estado e outro no Brasil, se pode ter uma ideia de como essa alteração fiscal promoveria a aplicação de bancos em fibra de coco na indústria automobilística (vide

Figura 3).

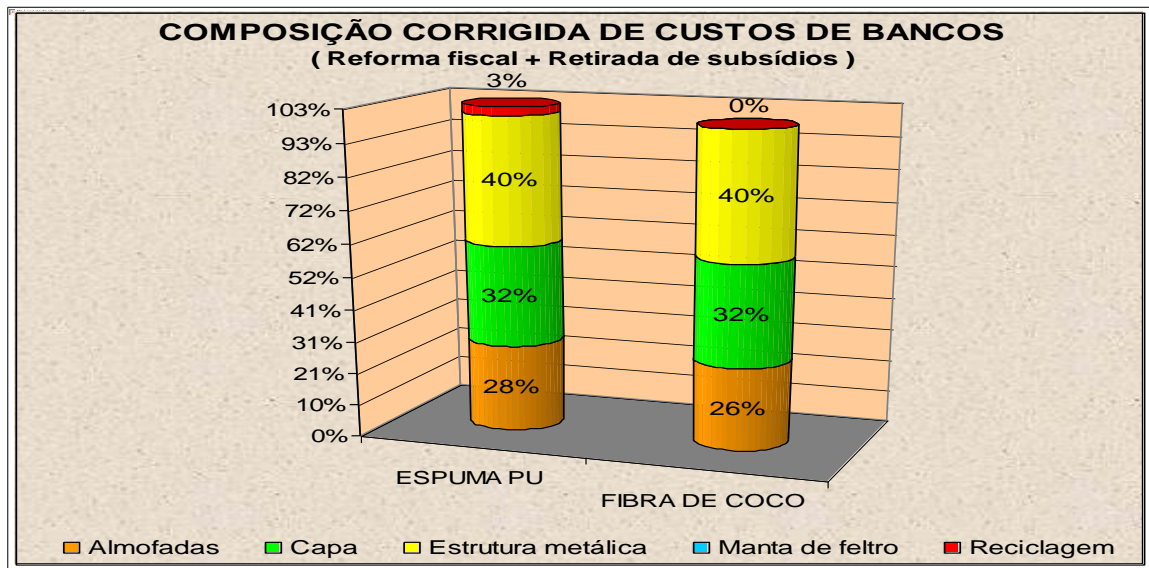


Figura 3. Gráfico comparativo dos custos corrigidos de bancos segundo as considerações fiscais e de subsídios

Outros esforços fiscais podem ser feitos com relação à criação de uma taxa de comprometimento do meio ambiente relacionada ao montante das despesas que o Estado tem com a manutenção de lixões, aterros sanitários, limpeza de bacias hidrográficas e criação de infraestruturas contra enchentes. Materiais como espumas, borrachas, plásticos entre outros, cuja absorção pela natureza leva centenas de anos, teriam seus preços seriamente impactados. Já componentes como os bancos de coco, não teriam esse problema, já que, podem até ser utilizados como adubo orgânico. Ou seja, o Estado poderia penalizar os preços dos produtos poluidores através de fatores tangíveis de fácil mensuração, tais como: custos de manutenção de aterros sanitários, custos de limpeza de efluentes entre outros.

4 CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi apresentar um caminho para tornar viável, dentro da ótica empresarial o uso de produtos sustentáveis. A Mercedes-Benz do Brasil Ltda. vem desenvolvendo vários componentes de seus caminhões produzidos a partir de matérias-primas naturais. A Mercedes-Benz, têm utilizado como instrumento de decisão na aplicação de materiais recicláveis e/ou renováveis a norma VDI 2243, que

oferece uma metodologia para analisar, sob o ponto de vista econômico e ecológico, a viabilidade desses materiais.

Mas o caso da Mercedes-Benz é específico de um grupo multinacional de grande porte que pode assumir certos acréscimos de custos nos seus insumos produtivos e/ou está inserida em um contexto de mercado que permite diluí-los no preço do produto final sem perder participação em vendas. Porém, como viabilizar o desenvolvimento e estimular a demanda por esses produtos tidos como ecologicamente corretos, se a origem e impacto desses produtos no meio ambiente não são considerados na decisão de compra dos consumidores, como pôde ser constatado por Motta e Rossi (2022).

O caso apresentado mostra as dificuldades que uma empresa, que não apresenta um processo de desenvolvimento com foco no meio ambiente, tem para tornar viável, a partir de sua ótica privada, os produtos sustentáveis.

A metodologia proposta para superar essas dificuldades pressupõe uma revisão do desenho dos produtos, de forma a torná-los de menor custo para o uso de produtos sustentáveis, a apuração de todos os custos ao longo do ciclo de vida do produto, incorporando aos mais evidentes ao seu custo (o que tornará evidente o maior custo do produto poluidor ao longo de seu ciclo de vida). A metodologia também sugere a correção dos custos dos produtos poluidores, por parte dos órgãos governamentais, a partir da mensuração do impacto de fatores tangíveis como: custos de manutenção de aterros sanitários, custos de limpeza de efluentes entre outros.

REFERÊNCIAS

- Bhander, G. S., Hauschild, M., & McAlloone, T. (2003). Implementing life cycle assessment in product development. *Environmental Progress*, 22(4), 255–267. <https://doi.org/10.1002/ep.10137>
- Bornia, A. C. (2017). *Análise gerencial de custos: Aplicação em empresas modernas*. São Paulo, Atlas.
- Chehebe, J. R. B. (2002). *Análise do ciclo de vida de produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro, Qualitymark.
- Clemente, A., Souza, A., & Nobre, G. F. (1997). Os sistemas de custeio e o meio ambiente. In *Anais do IV Congresso Brasileiro de Custos - ABC*. Belo Horizonte. Recuperado de: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3351>

- Diehl, C. A. (1996). Proposta de um sistema de avaliação de custos intangíveis. (*Dissertação de Mestrado*). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS.
- Fava, J. A. (1994). Life-cycle assessment: A new way of thinking. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13(6), 853–854. <https://doi.org/10.1002/etc.5620130601>
- Giacomin, H., Unno, M., Eichbauer, K., Atkins, C. (2019). Automotive wastes. *Water Environment Research*. Published online 19 September 2019 in Wiley Online Library. DOI: 10.1002/wer.1217
- Hunter, J. S., & Benforado, D. M. (2012). Life cycle approach to effective waste minimization. *Journal of Hazardous Materials*, 37(10), 1206–1210. <https://doi.org/10.1080/08940630.1987.10466318>
- Joseph, K., Thomas, S., & Pavithran, C. (1992). Viscoelastic properties of short-sisal-fiber-filled low-density polyethylene composites: Effect of fiber length and orientation. *Materials Letters*, 15(3).
- Júnior, I. B., Bellini, U., Ellenberger, A., Keinert, A. (2020). Fibras naturais e compósitos nas indústrias de mobilidade. *MIX Sustentável*, 6(4), 129–138. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n4.129-138>
- Kutlu, K. (2023.). World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission). In *The Palgrave Encyclopedia of Global Security Studies*.
- Leal, J. (1986). Las evaluaciones del impacto ambiental como metodologías de incorporación del medio ambiente en la planificación. In: CEPAL/ILPES/PNUMA, La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo. Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.
- Mance, E. A. (2002). Redes de trocas e cadeias produtivas - limites e alternativas. *Bahia Análise & Dados*, v. 12 n. 1 p. 121-126.
- Martins, E., & Rocha, W. (2015). *Métodos de custeio comparados: Custos e margens analisados sob diferentes perspectivas*. São Paulo, Atlas.
- Miranda do Nascimento, H. (2000). Capital social e desenvolvimento sustentável no sertão baiano. (*Dissertação de Mestrado*). Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP.
- Motta, S. L. S., & Rossi, G. B. (2022). A influência do fator ecológico na decisão de compra de bens de conveniência. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 2(1), 126–130. <https://doi.org/10.1590/1678-69712001/administracao.v2n1p109-131>

- Oliveira, E. de. (2017). Economia verde, economia ecológica e economia ambiental: Uma revisão. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 13 (6).
- Ostrengra, M., Ozan, T., Mcilhattan, R., Harwood, M. (1997). *Guia da Ernst & Young para gestão total dos custos*. Rio de Janeiro, Record.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment* The Johns. Hopkins University Press.
- Pimenta Reis Neto, O. (2003). Fundamentos para a viabilização econômica da utilização de matérias-primas de fontes renováveis na fabricação de bens de consumo. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP.
- Ribeiro, M. D. S., & Rocha, W. (1999). Gestão estratégica dos custos ambientais. In *Anais do VI Congresso Brasileiro de Custos - ABC*. São Paulo. Recuperado de: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3121>
- Silva, I. S. T. da, Kliemann Neto, F. J., & Gasparetto, V. (2003). Classificação e apuração de custos ambientais: Uma discussão crítica. In *Anais do X Congresso Brasileiro de Custos - ABC*. Guarapari, ES. Recuperado de: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/2477>.
- Stončiuvienė, N., Ūsaitė-Duoneliene, R., & Zinkevičienė, D. (2020). Integration of activity-based costing modifications and LEAN accounting into full cost calculation. *Inžinerinė ekonomika*, 50–60.
- Suzianti, A., Putra, D. R., & Sibuea, C. P. (2020). Product life cycle analysis of automotive products on multi-purpose vehicle's (MPV) segment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. DOI 10.1088/1757-899X/831/1/012020
- United Nations. (2015). UN adopts new global goals, charting sustainable development for people and planet by 2030.
- Vigneau, L., Humphreys, M., & Moon, J. (2015). How do firms comply with international sustainability standards? Processes and consequences of adopting the Global Reporting Initiative. *Journal of Business Ethics*, 131(2).
- Waddock, S. (2006). Building a new institutional infrastructure for corporate responsibility. *Harvard Working Paper No. 32*. Corporate Social Responsibility Initiative.

Data de Submissão: 21/02/2025

Data de Aceite: 19/12/2025