



## PRODUTO SUSTENTÁVEL: EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL FABRICADO COM PLÁSTICO VERDE

Recebido: 14/01/2015

Aprovado: 02/03/2015

<sup>1</sup>Hamilton Aparecido Boa Vista

<sup>2</sup>Fábio Ytoshi Shibao

<sup>3</sup>Mario Roberto dos Santos

### RESUMO

Este estudo analisa a fabricação de equipamentos de proteção individual (EPI) com matéria-prima a partir de biopolímeros do etanol da cana-de-açúcar, conhecido como polipropileno verde e fabricados desde 2008 pela Braskem. Estuda o EPI de proteção à cabeça do usuário, denominado capacete pela NR 6, utilizado nas situações de exposição a agentes meteorológicos e em locais onde há risco de impactos provenientes de queda ou projeção de objetos, queimaduras, choques elétricos e irradiação solar. A MSA, empresa fabricante do denominado capacete sustentável, efetuou um inventário das emissões de gás carbônico para a atmosfera, comparando o processo de fabricação do casco do capacete a partir de biomassa com o de derivados de petróleo, no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2011. Segundo os dados coletados, o capacete “verde” (polietileno verde e pigmentos) sequestra 231g de CO<sub>2</sub> da atmosfera por unidade, enquanto na produção do capacete com as matérias-primas tradicionais (polietileno petroquímico e pigmentos), são emitidos 1.029 g de CO<sub>2</sub> na atmosfera para cada unidade produzida. Este estudo conclui que a substituição da matéria-prima levou à redução do impacto gerado na produção de capacetes.

**Palavras-chave:** avaliação do ciclo de vida (ACV), ecoeficiência, equipamento de proteção individual (EPI), plástico verde, produto sustentável.

---

<sup>1</sup> Mestre pela Universidade Nove de Julho – UNINOVE, Brasil  
E-mail: [hamilton.boavista@gmail.com](mailto:hamilton.boavista@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil  
Professor na Universidade Nove de Julho  
E-mail: [fabio.shibao@gmail.com](mailto:fabio.shibao@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho, Brasil  
E-mail: [mario.santos@terra.com.br](mailto:mario.santos@terra.com.br)



## SUSTAINABLE PRODUCT: PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT MANUFACTURED WITH GREEN PLASTIC

### ABSTRACT

This study analyzed the case of manufacturing of Personal Protective Equipment (PPE) using as raw material biopolymers produced from ethanol from sugar cane, known as green polypropylene, produced since 2008 by BRASKEM. This article studied the PPE for the employee's head protection, named helmet by NR 6, which is used in situations of exposure to weather and work scenarios in places where there is risk of impact from falling or projecting objects, burns, electric shock, and solar radiation. The MSA, green helmet manufacturer, made an inventory of greenhouse gas emissions into the atmosphere by comparing the two manufacturing processes of the helmet shell, covering the January 1 to December 31,

2011 period. It concluded that the sustainable helmet (green polyethylene and pigments) robs 231g of CO<sub>2</sub> from the atmosphere per produced unit, while the helmet's production with traditional raw materials (polyethylene and petrochemical pigments) found that, for each unit produced, 1029g of CO<sub>2</sub> are emitted into the atmosphere. The study showed that substitution of raw materials has led to reduction in the impact generated in the helmets' production.

**Key words:** Eco-efficiency; Green plastic; Life cycle assessment (LCA); Personal protective equipment (PPE); Sustainable product.

## PRODUCTO SOSTENIBLE: EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL FABRICADO CON PLÁSTICO VERDE

### RESUMEN

Este estudio analizó la fabricación de equipos de protección personal (EPP) utilizando como materias primas biopolímeros producidas a partir de etanol de caña de azúcar, conocido como el polipropileno verde y producido desde el año 2008 por parte de BRASKEM. Se estudió EPP el destinado a proteger la cabeza del empleado, llamado del casco por NR 6, que se utilizan en situaciones de exposición a los agentes climáticos y en lugares donde hay riesgo de impacto de caídas o proyecciones de objetos, quemaduras, descargas eléctricas y la radiación solar. El MSA, fabricante del casco verde, hizo un inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera mediante la comparación de los dos procesos de fabricación del casco, que abarca el período

comprendido entre 1 de enero hasta el 31 diciembre del 2011. Llegó a la conclusión de que por cada unidad producida el casco verde (polietilenos verdes y pigmentos) secuestra 231g de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, mientras que la producción del casco con las materias primas tradicionales (pigmentos de polietileno y petroquímicos) encontró que por cada unidad producida 1029g de CO<sub>2</sub> se emite a la atmósfera. El estudio reveló que la sustitución de materias primas ha llevado a la reducción en el impacto generado en la producción de cascos.

**Palabras clave:** Evaluación del ciclo de vida (ECV); Eco eficiencia; Equipo de protección personal (EPP); Plástico verde; Producto sostenible.



## 1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais fazem parte da construção de uma nova ética empresarial global, uma vez que a degradação do meio ambiente transcende as fronteiras dos países. O tema sustentabilidade começou a ter destaque a partir do início dos anos 1990, divulgado em conferências mundiais que tinham como objetivo realizar tratados internacionais sobre esse assunto (Heinzen, Mattos, Campos & Palladini, 2011).

As alterações provocadas pelo homem na atmosfera terrestre, devido ao aumento da emissão dos *greenhouse gas* (GHG) ou gases de efeito estufa (GEE), estão fazendo com que a temperatura global do planeta aumente, causando mudanças climáticas, ecológicas, econômicas e sociais. Em 1989, a United Nations Environmental Program (UNEP) lançou o programa Produção Mais Limpa (P+L) que, pelo lado empresarial, tem como objetivo melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das empresas e, por outro lado, visa proteger o meio ambiente, o consumidor e o trabalhador. Considerada uma filosofia proativa por prever potenciais impactos ambientais (Giannetti & Almeida, 2006), seus mecanismos de desenvolvimento limpo permitem que os governos incentivem projetos que resultem na redução das emissões de GEE em seus territórios.

As inovações tecnológicas de produtos ou processos são importantes para a gestão ambiental principalmente quando estão relacionadas à proteção do meio ambiente. O desenvolvimento de produtos ambientalmente sustentáveis passou a ser uma das alternativas das empresas na busca de vantagem competitiva (Heinzen, Mattos, Campos, & Paladini, 2011).

Segundo Seuring e Müller (2008), produto “sustentável” é um termo que compreende todos os tipos de produtos que têm, ou visam, uma melhor qualidade ambiental e social, podendo estar relacionado com a implementação de normas ambientais e sociais. Teria como objetivo final satisfazer os clientes e ganhar vantagem competitiva no mercado.

Diante disso, colocou-se a seguinte questão de pesquisa: **Para uma organização ser considerada ecoeficiente, substituir matérias-primas no processo de fabricação é suficiente?**

Este trabalho teve por objetivo avaliar se a utilização do chamado plástico verde, proveniente da biomassa da cana-de-açúcar no processo de fabricação industrial, mais especificamente na produção de equipamento de proteção individual (EPI), teve resultados positivos quanto à redução das emissões dos

GEE e se, como consequência, passou a ser uma alternativa viável de negócio sustentável para a empresa pesquisada.

Considerando essa perspectiva, foi estudado o caso de um fabricante de EPI de renome no mercado nacional e internacional, a MSA do Brasil Equipamentos e Instrumentos de Segurança Ltda. (MSA), localizada em Diadema, estado de São Paulo, que produz capacetes industriais no Brasil desde 1978. A empresa, que já ultrapassou a marca de cem milhões de capacetes vendidos no mundo (MSA, 2012), adotou a estratégia de substituir a matéria-prima de origem petroquímica por outra de origem renovável na fabricação de capacetes.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, além desta introdução, são apresentados: o referencial teórico, na seção dois; na seção três, o procedimento metodológico utilizado; na seção quatro, a análise dos resultados; na seção cinco, as considerações finais e sugestões para continuidade deste estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, são abordados os temas sustentabilidade, ecoeficiência e avaliação do ciclo de vida, plásticos tradicionais e verdes e equipamento de proteção individual.

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade do negócio pode ser entendida, de modo convencional, como a capacidade de gerar recursos para remunerar os fatores de produção, repor os ativos utilizados e investir para continuar competindo (Barbieri et al., 2010), exigindo alto grau de inovação num ambiente de incertezas (Paula, 2009).

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO+20) definiu que desenvolvimento sustentável é o modelo que prevê a integração entre economia, sociedade e meio ambiente. Em outras palavras, é a noção de que o crescimento econômico deve levar em consideração a inclusão social e a proteção ambiental (RIO+20, 2012).

Quando as políticas para o desenvolvimento sustentável estavam em discussão, pesquisadores, profissionais e tomadores de decisão políticos descobriram que as ligações entre os agentes econômicos, associadas com a produção e o consumo de um produto específico, formam canais poderosos por meio dos quais os esforços de sustentabilidade podem ser desenvolvidos e disseminados (Boons, Baumann & Hall, 2012).

Para Boons, Baumann e Hall (2012), aumentar a sustentabilidade das atividades de produção e de consumo exige fundamentar



ações gerenciais e políticas na análise dos sistemas econômicos das empresas e dos consumidores individuais.

Como a sustentabilidade corporativa não é uma estratégia isolada, mas algo a ser totalmente integrado nos processos decisórios e nas operações das empresas, a questão premente é como incorporá-la no dia-a-dia empresarial (Gonçalves-Dias, Guimarães & Santos, 2012; Lacy, Cooper, Hayward & Neuberger, 2010). Essa questão vem adquirindo cada vez mais importância, uma vez que muitas pesquisas mostram que sua incorporação pode trazer vantagens competitivas (Menezes, Kneipp, Barbieri & Gomes, 2011).

Segundo Elkington (2001), obter um desempenho positivo nas três dimensões conhecidas como *triple bottom line*, ambiental, econômica e social, pode levar um determinado produto à sustentabilidade. Isso traz a exigência de que as empresas passem por mudanças drásticas de desempenho nessas três dimensões. Dessa forma, desponta nas organizações o enfoque no desenvolvimento sustentável que busca unir essas três dimensões (Menezes, Kneipp & Barbieri, 2011).

Nesse ponto, Barbieri, I. F. G. Vasconcelos, Andreassi e Vasconcelos (2010) advertiram que não basta que as empresas sejam inovadoras constantemente, mas que também saibam inovar tendo em vista as três dimensões anteriores: social, abrangendo os impactos sociais das inovações nas comunidades dentro e fora da organização; ambiental, que abrange os impactos ambientais pelo uso de recursos naturais e pelas emissões de poluentes; e econômica, que abrange a eficiência econômica, isto é, a obtenção de lucro e a geração de vantagens competitivas.

A grande exploração dos recursos naturais, a perturbação dos ciclos ecológicos com as consequentes alterações no ecossistema e a eliminação de resíduos em ecossistemas requerem soluções que se baseiam em uma compreensão multidisciplinar das cadeias de suprimentos (Boons et al., 2012).

O desenvolvimento de novos produtos sustentáveis é uma tarefa complexa que requer o equilíbrio sistêmico desde a produção até o consumo entre todos os envolvidos – consumidores finais, a comunidade e o governo – que se relacionam durante todo o ciclo de vida dos referidos produtos. Para que um produto seja considerado sustentável, é necessário que seja observado, sob a ótica de seu ciclo de vida, onde está alocada a dimensão ambiental e seus consequentes impactos (Marx & Paula, 2011).

## 2.2 ECOEFICIÊNCIA E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Os primeiros autores a usar o termo ecoeficiência foram Schaltegger e Sturm em 1990, conforme explicaram Dyllick e Hokerts (2002) e Hellweg, Doka, Finnveden e Hungerbühler (2005).

Definida pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 1992), a ecoeficiência é alcançada pela entrega de mercadorias a preços competitivos, oferecendo serviços que satisfaçam as necessidades humanas e proporcionem qualidade de vida enquanto, progressivamente, reduzem os impactos ecológicos e a intensidade de uso dos recursos ao longo do ciclo de vida a um nível que esteja, pelo menos, em linha com a capacidade estimada de renovação da Terra.

A ecoeficiência é um instrumento para a análise da sustentabilidade e indica o quanto a atividade econômica é eficiente. Diz respeito à natureza dos bens e serviços frutos dessa atividade (Zhang, Bi, Fan Yuan & Ge, 2008). Para Knight & Jenkis (2009), ao adotar uma abordagem de ecoeficiência, um processo produtivo industrial pode reduzir o impacto sobre o meio ambiente.

Segundo Barbieri (2011, p. 138):

[...] a ecoeficiência baseia-se na ideia de que a redução de materiais e energia por unidade de produtos ou serviços aumenta a competitividade da empresa, ao mesmo tempo em que reduz as pressões sobre o meio ambiente, seja como fonte de recurso, seja como depósito de resíduos.

Para Demajorovic (2010, p. 175), ecoeficiência

[...] significa gerar mais produtos e serviços com menor uso dos recursos e diminuição da geração de resíduos e poluentes.

Segundo a International Organization for Standardization (ISO), ecoeficiência é o aspecto da sustentabilidade relativo ao desempenho ambiental de um sistema de produto para um dado valor desse sistema. A metodologia de avaliação, introduzida pela norma ISO 14.045: *Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines*, é relativamente nova, sendo a primeira edição de 15 de maio de 2012 (ISO, 2012). A norma brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) correspondente é a NBR ISO 14.045: *Gestão ambiental – Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto – Princípios, requisitos e orientações*, com



primeira edição em 21 de maio de 2014 (ABNT, 2014).

Assim, a avaliação de ecoeficiência é uma metodologia quantitativa de gestão que permite o estudo de impactos ambientais durante o ciclo de vida de um sistema de produto em conjunto com o seu valor. O ciclo de vida do produto considera desde a extração da matéria-prima, passando por todas as suas fases, tais como manufatura e uso, até a disposição final.

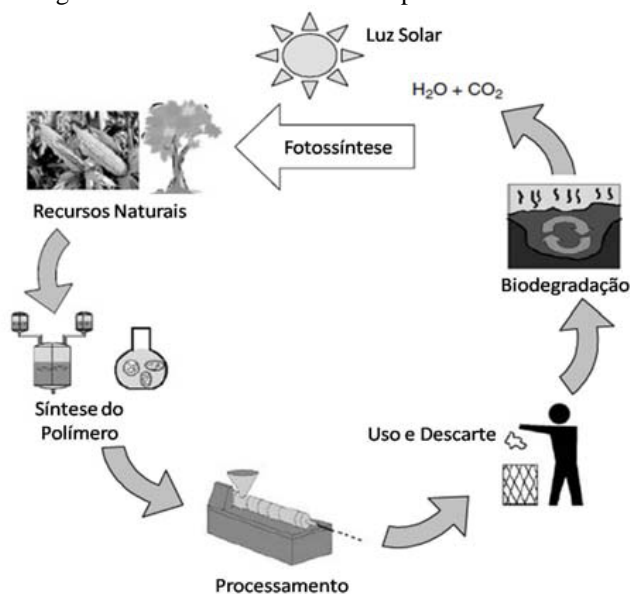
Conforme prescrito pelas normas NBR ISO 14.040 (Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura – ABNT, 2009a) e 14.044 (Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações – ABNT, 2009b), para determinar a ecoeficiência os impactos ambientais são avaliados utilizando a avaliação do ciclo de vida (ACV). Desse modo, a avaliação de ecoeficiência compartilha com a ACV muitos princípios importantes, tais como a perspectiva de ciclo de vida, a completude, a abordagem de unidade funcional,

a natureza iterativa, a transparência e a prioridade em uma abordagem científica (ABNT, 2014).

A ACV, conhecida internacionalmente por *life cycle assessment* (LCA), estuda os aspectos ambientais e os potenciais impactos ao longo do ciclo de vida de um produto, ou seja, do berço ao túmulo, desde a aquisição de matéria-prima, passando pelo sistema produtivo, o uso, até a disposição final (Yellishetty, Mudd & Ranjith, 2011). Além da redução ou minimização dos prováveis impactos, uma ACV pode prover a redução de custos operacionais e valorização das organizações perante as partes interessadas no negócio. Isso é feito por meio da compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema (análise de inventário), no qual são avaliados seus potenciais impactos (avaliação de impacto), e interpretados os resultados (interpretação) em relação aos objetivos do estudo (Finnveden, 1999; Ekvall & Finnveden, 2001).

A Figura 1 mostra o ciclo de vida do polímero aqui pesquisado.

Figura 1 – Ciclo de vida ideal dos polímeros verdes



Fonte: Brito, Agrawal, Araujo & Melo (2011).

### 2.3 PLÁSTICOS TRADICIONAIS E PLÁSTICOS VERDES

Os materiais poliméricos não-biodegradáveis, provenientes de fontes fósseis, têm se tornado um problema devido ao crescente número de descartes sem fins apropriados. Esses materiais têm elevada resistência à degradação e demoram anos para se decomporem, segundo Brito et al. (2011).

Por outro lado, segundo Bastos (2007, p. 225)

[...] o desafio de buscar alternativas ao petróleo e a estagnação do dinamismo tecnológico na área de polímeros petroquímicos explicam, em grande medida, o envolvimento recente em biopolímeros, no plano internacional, de tradicionais empresas químicas.

Algumas tentativas de reaproveitamento dos polímeros não-biodegradáveis, segundo a Plastivida (2011), mostram que podem ser usados os processos de:

- reciclagem química: processo no qual o



polímero é reprocessado, transformando-se em petroquímicos básicos, tais como monômeros ou misturas de hidrocarbonetos, que servem como matéria-prima em refinarias ou centrais petroquímicas para obter produtos nobres de elevada qualidade;

- reciclagem mecânica: consiste na conversão dos descartes plásticos pós-industriais ou pós-consumo em grânulos, que podem ser reutilizados na fabricação de outros produtos, tais como sacos de lixo, solados, pisos, condutas, componentes de automóveis, fibras, embalagens não-alimentícias e muitos outros. No Brasil, estima-se que sejam reciclados mecanicamente 15% dos resíduos plásticos pós-consumo;
- reciclagem energética: é a tecnologia que transforma lixo urbano em energia elétrica e térmica, um processo amplamente utilizado no exterior e que aproveita o alto poder calorífico contido nos plásticos para uso como combustível. No Brasil, esse tipo de reciclagem não é aplicado, impedindo o país de obter uma maneira eficiente de reciclar o lixo.

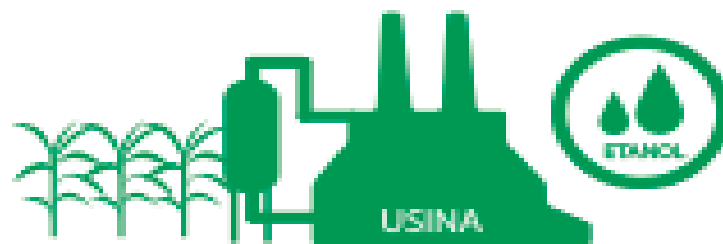
Polímeros verdes ou sustentáveis são os polímeros que, durante a síntese, processamento e degradação, isto é, durante o seu ciclo de vida, produzem menor impacto ambiental que os polímeros convencionais provenientes de recursos fósseis.

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, tais como milho, cana-de-açúcar, celulose e outras, e apresentam um ciclo de vida mais curto quando comparados

com aqueles de origem fóssil (Bastos, 2007; Brito et al., 2011). Os biopolímeros são fatores de interesses ambientais e socioeconômicos porque reduzem os impactos ambientais da extração e refino do petróleo, além de diminuir o uso dessa fonte natural de recursos (Brito et al., 2011). Os biopolímeros têm algumas limitações técnicas estudadas com o intuito de melhorar as suas propriedades, tais como resistência térmica, propriedades mecânicas, propriedades reológicas, permeabilidade a gases e taxa de degradação (Brito et al., 2011).

A cana-de-açúcar, da mesma família do bambu, é usada como matéria-prima principal tanto na indústria de açúcar quanto na de etanol, sendo o Brasil o maior produtor mundial de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar (Faria, Gurgel & Holanda, 2012). Os subprodutos da indústria de açúcar podem ser agrupados nas etapas produtivas do processo da seguinte maneira: os que se originam durante a colheita (etapa agrícola), composto pelas partes superiores da cana e as palhas; e os que são formados durante o processo industrial, como o melaço e o bagaço (Contreras, Rosa, Pérez, Van Langenhove & Dewulf, 2009). A cana-de-açúcar metaboliza gás carbônico (CO<sub>2</sub>) para produzir sacarose e, posteriormente, na usina, o melaço é fermentado e destilado para produzir o etanol. Na etapa seguinte, por meio de desidratação, o etanol é transformado em eteno que, por sua vez, na planta de produção, é polimerizado para produção do polietileno verde, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Desenho simplificado de produção do polietileno verde



Fonte: MSA (2012).

O plástico verde foi concebido pela Braskem S.A., pioneira no desenvolvimento de uma resina plástica feita a partir do etanol, o Polietileno verde (PE verde), com as primeiras amostras, do plástico, produzidas em 2008. A fábrica para a produção do polietileno verde, foi inaugurada em 2010, com a capacidade de produção de 200 mil toneladas por ano e, com esses números, tornou-se a marca líder mundial

em biopolímeros (Braskem, 2010).

Desenvolvido a partir do etanol de cana-de-açúcar, o polietileno se destina a suprir os principais mercados internacionais que exigem produtos com desempenho e qualidade superiores, tais como a indústria automobilística, de embalagens alimentícias, cosmética e de artigos de higiene pessoal (Braskem, 2010). A tecnologia desenvolvida



ainda é recente e o produto está sendo produzido pela primeira vez no mundo em escala industrial, à partir de 2010, de modo que pouco se sabe sobre sua recepção por parte da sociedade (Kruter, Barcellos & Silva, 2012).

Uma das vantagens observadas na produção do bioplástico é a ajuda na preservação do meio ambiente, por capturar carbono da atmosfera, durante a fotossíntese da cana-de-açúcar (Oliveira, Roese, Malaga & Pereira, 2010).

A Braskem realizou um estudo preliminar de ecoeficiência desse biopolímero em parceria com a Fundação Espaço Eco, com o objetivo de verificar os possíveis impactos ambientais de sua produção. A avaliação utilizou, como base, os dados da engenharia conceitual e revelou que, para cada tonelada de polipropileno verde produzida, são capturadas em torno de 2,3 toneladas de CO<sub>2</sub> da atmosfera e fixadas. O estudo afirma que a resina verde tem as mesmas propriedades técnicas e de desempenho do polipropileno produzido a partir dos processos tradicionais (Braskem, 2010).

## 2.4 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

EPI é todo dispositivo de uso individual utilizado pelo empregado destinado à proteção contra ameaças à segurança e à saúde no trabalho, conforme Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2011). Além de estabelecer a obrigatoriedade, essa norma também vincula a venda e o uso do equipamento, seja nacional ou importado, ao certificado de aprovação (CA) expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho (MTE, Figura 3 – Casco



Fonte: MSA (2012).

Quando há um impacto, o casco cede levemente, amortecendo a força da colisão e dando proteção parcial para a cabeça. Depois, as tiras da suspensão se comprimem ao redor da cabeça e as tiras do casco se esticam para absorver a energia dentro da área de folga. Essas atividades têm uma duração média total de 0,4

2011).

O cuidado na escolha das matérias-primas empregadas na confecção dos EPI é um fator preponderante na segurança dos usuários. As empresas fabricantes, preocupadas principalmente com a rentabilidade e a manutenção do seu negócio, veem que fatores ambientais também podem agregar ganhos na imagem empresarial. Assim, a empresa pode ter vantagem competitiva no seu mercado de atuação ao usar matéria-prima renovável na produção e ter a destinação final pós-uso ambientalmente correta.

Este artigo estudou o capacete, destinado à proteção contra impactos de objetos sobre o crânio, choques elétricos ou agentes térmicos. Conforme especifica a NR 6, o capacete deve ser usado nas situações de exposição a agentes meteorológicos e em cenários de trabalho onde exista risco de impactos. A composição do capacete leva em consideração duas partes, denominadas casco e suspensão:

- o casco é a parte externa, desenvolvida em polímero. Ele envolve a cabeça e deve ser rígido, leve e resistente aos impactos, às perfurações e aos respingos de agentes químicos. Seu formato deve ser ergonomicamente projetado para ser seguro e, ao mesmo tempo, confortável para o uso diário, conforme Figura 3;
- a suspensão é projetada para acomodar o casco devidamente sobre a cabeça e amortecer e absorver, em conjunto com o casco, a energia do impacto se algo atingir o capacete, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Suspensão



Fonte: MSA (2012).

segundos (MSA, 2012).

A MSA recomenda como tempo de uso até cinco anos para o casco e um ano para a suspensão e informa que é testado e aprovado segundo a norma ABNT NBR 8.221:2003 (ABNT, 2003). A empresa recomenda também o descarte do capacete após o término de sua



vida útil ou quando se tornar impróprio para o uso. Ele deve ser descartado em recipientes adequados de acordo com a coleta seletiva de cada município, sem nenhum tipo de contaminação.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa se adotou uma estratégia que recolheu evidências e demais dados necessários de um evento que se deu no passado e que foi estudado posteriormente.

Foi realizada uma entrevista, gravada em vídeo, com o gerente de produto da MSA do Brasil, a respeito das áreas de recebimento de matéria-prima, fabricação e expedição de produtos acabados, e recolhidos documentos fornecidos pela MSA referentes ao capacete sustentável (eg. certificado de aprovação do Ministério do Trabalho, Bureau Veritas Certification etc.). Foi consultado também o *site* da empresa. Informações da Braskem foram retiradas do seu *site*. Apesar de se tratar de um tema relativamente novo e pouco explorado, foi possível fundamentá-lo por intermédio de uma revisão bibliográfica e evidenciá-lo pelo estudo de caso. Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo no contexto de seu cotidiano, principalmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente

definidos, segundo Yin (2005).

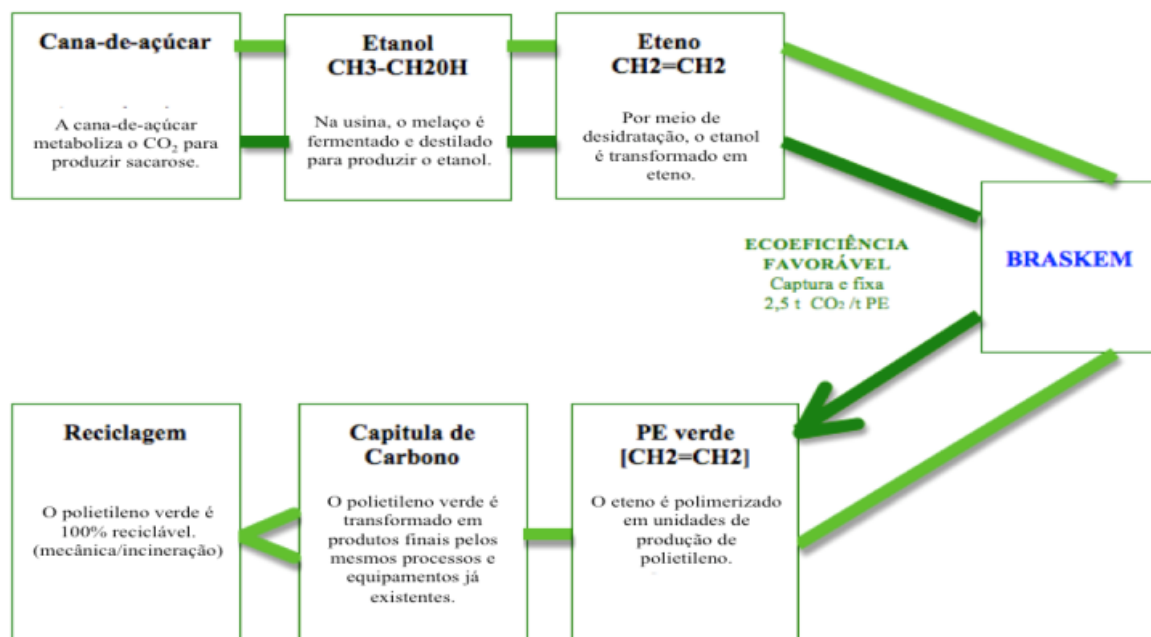
Foram usadas habilidades de ouvir e decodificar o conteúdo das falas e de pesquisar na internet. Houve uso de abordagens de observação participante, uma entrevista formal e algumas entrevistas informais, análise documental das empresas envolvidas no projeto e análise das pesquisas acadêmicas. Foram consideradas as informações primárias surgidas das entrevistas e as observações secundárias oriundas dos *sites* e documentos da empresa.

### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A entrevista formal revelou que a fabricante MSA, preocupada com os conceitos de sustentabilidade e de imagem corporativa, passou a utilizar matéria-prima renovável na produção dos cascos de capacetes de segurança. Em relação ao conceito de gestão da cadeia de suprimentos, a entrevista revelou que a empresa disponibilizou os resultados do inventário de emissões de CO<sub>2</sub>, aqui relatados, para que seus parceiros pudessem contabilizar os ganhos ambientais e divulgar o conceito de sustentabilidade empresarial voltada para o meio ambiente.

O fluxograma apresentado na Figura 5 mostra as fases da fabricação do produto com enfoque na matéria-prima principal, ou seja, polietileno verde.

Figura 5: Fluxograma de produção



Fonte: Adaptado de MSA (2012).





O capacete produzido com matéria-prima renovável foi submetido a testes e o resultado atendeu as mesmas características funcionais e estéticas do modelo tradicional de capacete reconhecido em seu mercado. Recebeu o selo verde (I'm Green) do fabricante da matéria-prima (Braskem), selo esse que identifica o polietileno verde renovável. A marca Braskem fornece o polietileno verde renovável como matéria-prima de seu produto. O capacete foi lançado no mercado nacional e internacional como um produto sustentável.

A MSA efetuou o inventário das emissões de carbono para a atmosfera, comparando os dois processos de fabricação do casco do capacete no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2011. No estudo para inventariar as emissões de GEE no processo produtivo, a MSA estabeleceu como limites as duas matérias-primas principais utilizadas nos dois tipos de capacetes, o transporte dessas matérias-primas até a empresa e a emissão de ambos os processos produtivos da fábrica atribuída aos cascos, a seguir relatado. Em relação a matérias-primas:

- polietileno fóssil – polímero obtido do petróleo, utilizado para a fabricação dos cascos dos capacetes tradicionais;
- polietileno verde – polímero obtido do etanol de cana-de-açúcar, utilizado para a fabricação dos cascos dos capacetes verdes;

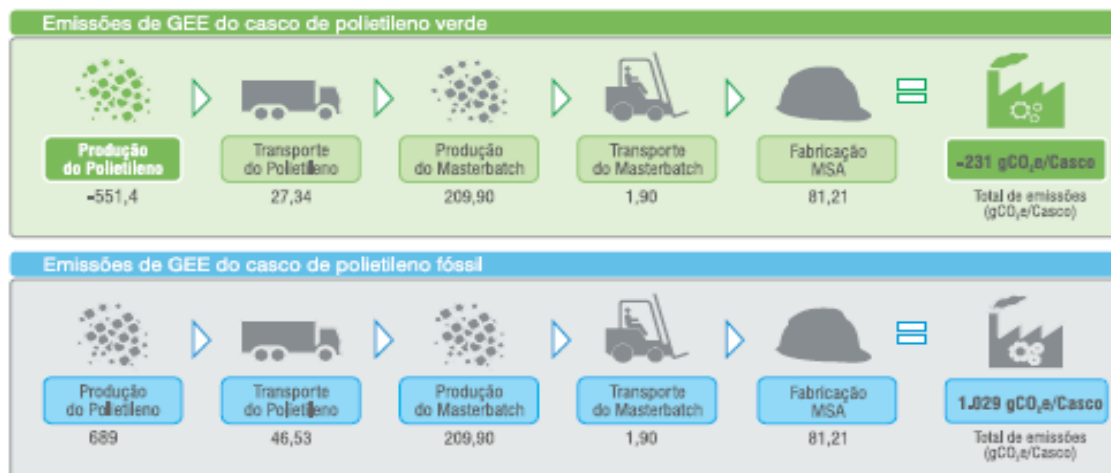
- *masterbatch* – resina plástica, utilizada para pigmentação dos cascos de ambos os tipos capacetes.

Em relação ao transporte das matérias-primas:

- transporte do polietileno fóssil entre o fornecedor e a MSA;
- transporte do polietileno verde entre o fornecedor e a MSA;
- transporte do *masterbatch* entre o fornecedor e a MSA.

Por fim, foram analisadas as emissões de GEE geradas pela fábrica MSA e atribuídas aos processos produtivos de ambos os cascos dos capacetes. A MSA usou, em seu processo de avaliação das emissões, os parâmetros de diversas fontes nacionais e internacionais: Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC); Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC); Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e Balanço Energético Nacional (BEN). Nessa avaliação, as emissões de GEE provenientes do polietileno fóssil e do polietileno verde foram fornecidas pela Braskem, as emissões dos pigmentos, pela Clariant (produtora do *masterbatch*) e as emissões da fábrica, pela MSA. O fluxo do processo está representado na Figura 6.

Figura 6 – Resultados do inventário de carbono



Fonte: MSA (2012).

Conforme relato da MSA, o resultado do estudo comparativo da fabricação de casco de capacete mostrou que o processo de produção em que foi feita a substituição da matéria-prima tradicional pelo polietileno verde obteve um resultado favorável relativo à emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

A Figura 6 mostra que, para cada unidade produzida, o capacete sustentável (polietileno verde e pigmentos) sequestra 231g de CO<sub>2</sub> da atmosfera (número negativo), isto é, no balanço de emissões, o processo produtivo retira mais CO<sub>2</sub> da atmosfera do que emite. Na produção do capacete com as matérias-primas



tradicionais (polietileno petroquímico e pigmentos), para cada unidade produzida são emitidos 1029 g de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

O estudo de caso aqui desenvolvido, de análise da produção de cascos de capacetes, mostrou que a substituição de uma matéria-prima no processo produtivo de um determinado produto pode levar à redução dos impactos gerados pelo processo, resultando em ganhos para o meio ambiente. Essa análise limita-se ao processo industrial, excluindo o uso, a reciclagem ou disposição final, isto é, o ciclo de vida do produto como um todo.

Cabe salientar que, no caso específico de EPI, a utilização de matéria-prima reciclada apresenta limitações impostas pelas propriedades intrínsecas do produto como, por exemplo, a resistência aos impactos que deve ser comprovada por meio de testes específicos normatizados.

Conforme relato da MSA, o produto fabricado com a matéria-prima reciclada atende aos padrões requeridos, no entanto a empresa não usa material reciclado para essa finalidade, ou seja, a fabricação de um novo casco de capacete.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que a redução do impacto ambiental associado à matéria-prima na gestão da cadeia de suprimentos é positiva, pois pode implicar na redução ou minimização do impacto ambiental causado pelo produto final.

Obter um desempenho positivo nas três dimensões – ambiental, econômica e social –, ou *triple bottom line*, pode levar à sustentabilidade do produto (Elkington, 2001); no entanto, este estudo limitou-se a avaliar os impactos ambientais do processo industrial.

Dada a questão de pesquisa,

Para uma organização ser considerada ecoeficiente, substituir matérias-primas no processo de fabricação é suficiente?

A empresa MSA vendeu mais de cem milhões de capacetes no mercado (MSA, 2012) e também divulga em seu *site* a sua política de responsabilidade social (2014, p.1) “[...] assume o compromisso de ser uma empresa socialmente responsável [...]”.

Os resultados levam à conclusão que, a substituição de matérias-primas no processo de fabricação com o objetivo de preservação do meio ambiente, pode tornar a empresa MSA ecoeficiente porque envolve o atendimento e superação dos requisitos legais e regulamentares associados às suas instalações, produtos e serviços, da postura ética e transparente na

conduta dos negócios e no relacionamento com suas partes interessadas. Assim, apesar dos argumentos econômicos e sociais não apresentarem robustez suficiente nesta pesquisa, se pode perceber que a MSA procura articular as três dimensões de maneira integrada.

Uma limitação deste estudo é em relação aos custos. Aqui não foram abordadas as possíveis reduções de custos de produção do capacete verde, nem a relação dos custos ambientais de disposição final dos capacetes produzidos com polietileno fóssil obtidos do petróleo e dos capacetes fabricados com polietileno verde obtidos do etanol de cana-de-açúcar, custos na redução do uso de recursos fósseis, entre outros.

Considerando-se o alerta de Jing e Jiang (2013) de que os recursos naturais críticos, tais como combustíveis fósseis, água, minerais etc. tenderão a manter ou a diminuir a oferta nos próximos vinte anos, enquanto a economia deverá se duplicar no período em razão do crescimento populacional; sugere-se para próximas pesquisas:

- ACV de todo o processo, ou seja, do berço ao túmulo do capacete verde, objetivando fechar o ciclo de vida do produto, incluindo os custos dos processos;
- logística reversa pós-consumo dos capacetes após o término de sua vida útil, verificando a correta destinação e possível reciclagem do material do casco do capacete.



## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). NBR 8221 – *Equipamento de proteção individual – Capacete de segurança para uso na indústria – Especificação e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009a). NBR ISO 14040 – *Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009b). NBR ISO 14044 – *Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). NBR ISO 14045: *Gestão ambiental – avaliação da ecoeficiência de sistema de produto – princípios, requisitos e orientações*. Rio de Janeiro.
- Barbieri, J. C. (2011). *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva.
- Barbieri, J. C.; Vasconcelos, I. F. G.; Andreassi, T. & Vasconcelos, F. C. (2010). Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 146-154.
- Bastos, V. D. (2007). Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativos aos petroquímicos. *Revista do BNDES*, 14(28), 201-234.
- Boons, F.; Baumann, H. & Hall, J. (2012). Conceptualizing sustainable development and global supply chains. *Ecological Economics*, 83, 134-143.
- Braskem. (2010). *Polietileno verde*. Retrieved from: <http://www.braskem.com.br/plasticoverde/principal.html>. Acesso em: 23 janeiro, 2014
- Brito, G. F.; Agrawal, P.; Araújo, E. M. & Melo, T. J. A. (2011). Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 6(2), 127-139.
- Chehebe, J. R. (2002). *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Contreras, A. M.; Rosa, E.; Pérez, M.; Van Langenhove, H. & Dewulf, J. (2009). Comparative life cycle assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production. *Journal of Cleaner Production*, 17(8), 772-779.
- Demajorovic, J. (2010). Ecoeficiência em serviços: diminuindo impactos e aprimorando benefícios ambientais. In A. Vilela Jr., & J. Demajorovic (Orgs). *Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações*. São Paulo: Senac, 169-198.
- Dyllick, T. & Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11(2), 130-141.
- Ekvall, T. & Finnveden, G. (2001). Allocation in ISO 14041 – a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 9(3), 197-208.
- Elkington, J. (2001). *Canibais com garfo e faca*. São Paulo: Makron Books.
- Faria, K. C. P.; Gurgel, R. F. & Holanda, J. N. F. (2012). Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks. *Journal of Environmental Management*, 101, 7-12.
- Finnveden, G. (1999). Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 26(3), 173-187.
- Giannetti, B. F. & de Almeida, C. M. V. B. (2006). *Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações*. Edgard Blücher.
- Gonçalves-Dias, S. L. F.; Guimarães, L. F. & Santos, M. C. L. (2012). Inovação do desenvolvimento de produtos “verdes”: integrando competências ao longo da cadeia produtiva. *Revista de Administração e Inovação*, 9 (3), 129-153.



- Heinzen, D. A. D. M.; Mattos, A. P. M. N.; Campos, L. M. D. S. & Paladini, E. P. (2011). Estudo de viabilidade de produto inovador “verde” para o mercado consumidor comum. *Revista Gestão Organizacional*, 4(2), 122-131.
- Hellweg, S.; Doka, G.; Finnveden, G. & Hungerbühler, K. (2005). Assessing the eco-efficiency of end-of-pipe technologies with the environmental cost efficiency indicator: a case study of solid waste management. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 189-203.
- ISO – International Organization for Standardization. (2012). *ISO 14045 – Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems: principles, requirements and guidelines*.
- Jing, H. & Jiang, B. S. (2013). The framework of green business model for eco-innovation. *Journal of Supply Chain and Operations Management*, 11(1), 33-46.
- Knight, P. & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioner’s perspective. *Journal of Cleaner Production*, 17(5), 549-558.
- Kruter, G. E.; Barcellos, M. D. & Silva, V. S. (2012). As atitudes dos consumidores em relação ao plástico verde. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS*, 1(1), 22-50.
- Lacy, P.; Cooper, T.; Hayward, R. & Neuberger, L. (2010). *A new era of sustainability: UN Global Compact-Accenture CEO study 2010*. Retrieved from: [http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture\\_A\\_New\\_Era\\_of\\_Sustainability\\_CEO\\_Study.pdf](http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture_A_New_Era_of_Sustainability_CEO_Study.pdf). Acesso em: 14 de janeiro, 2014
- Marx, A. & Paula, I. C. D. (2011). Proposta de uma sistemática de gestão de requisitos para o processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. *Revista Produção*, 21(3), 417-431.
- Menezes, U. G.; Kneipp, J. M.; Barbieri, L. A. & Gomes, C. M. (2011). Inovação sustentável: uma estratégia em empresas do setor químico. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 5(2), 96-111.
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. (2011). Norma Regulamentadora 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI. *Portaria GM nº 3.214 de 08 de junho de 1978 atualizada em 8 de dezembro de 2011*. Retrieved from: [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335D0C415AD6/NR-06%20\(atualizada\)%202011.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335D0C415AD6/NR-06%20(atualizada)%202011.pdf). Acesso em: 13 janeiro, 2014.
- MSA do Brasil Equipamentos e Instrumentos de Segurança Ltda. (2012). *Inventário de emissões Gases de efeito estufa*. Retrieved from: <http://s7d9.scene7.com/is/content/minesa/fetyappliances/Inventario%20de%20Carbono%20do%20Capacete%20Sustentavel%20V-Gard%20-%20PT>. Acesso em: 13 de janeiro, 2014
- MSA do Brasil Equipamentos e Instrumentos de Segurança Ltda. (2014). *Política de responsabilidade social*. Retrieved from: [http://media.msanet.com/International/Brazil/PDFs/Responsabilidade\\_Social.pdf](http://media.msanet.com/International/Brazil/PDFs/Responsabilidade_Social.pdf). Acesso em: 15 de fevereiro, 2014.
- Oliveira, S. M.; Roese, A.; Malaga, A. M. & Pereira, R. S. (2010). A produção de plásticos a partir de fontes renováveis sob a ótica da teoria da inovação. *Anais dos Seminários em Administração FEA/USP*, São Paulo, SP, 13.
- Paula, C. (2009). *Sustentabilidade exige ideias novas*. Retrieved from: <http://planetasustentavel.abril.com.br/especiais/sustentabilidadeinovacao/>. Acesso em: 9 de janeiro, 2014.
- Plastivida Instituto socioambiental dos plásticos. (2011). *Reciclagem*. Retrieved from: <http://www.plastivida.org.br>. Acesso em: 24 janeiro, 2014.
- RIO+20 – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – (2012). *Desenvolvimento sustentável*. Retrieved from: [http://www.rio20.gov.br/clientes/rio20/rio20/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20/desenvolvimento-sustentavel.html](http://www.rio20.gov.br/clientes/rio20/rio20/sobre_a_rio_mais_20/desenvolvimento-sustentavel.html). Acesso em: 14 de janeiro, 2014.
- Seuring, S. & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.



*World Business Council for Sustainable Development*. (1992). Retrieved from: <http://www.wbcsd.org/home.aspx>. Acesso em: 03 de janeiro, 2014.

Yellishetty, M.; Mudd, G. M. & Ranjith, P. G. (2011). The steel industry, abiotic resource depletion and life cycle assessment: a real or perceived issue? *Journal of Cleaner Production*, 19(1), 78-90.

Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.

Zhang, B.; Bi, J.; Fan, Z.; Yuan, Z. & Ge, J. (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. *Ecological Economics*, 68(1-2), 306-316.