



PEGADA DE CARBONO DO CAPACETE DE OBRA PRODUZIDO COM COMPÓSITO DE FIBRA NATURAL E COM POLIPROPILENO.

Ian Lucas Guimarães Rozados¹ Arilma Oliveira do Carmo Tavares² Diego Lima
Medeiros³

¹Estudante de Graduação do SENAI-CIMATEC

²SENAI-CIMATEC

³UFBA

E-mails: ian.grozados@gmail.com, arilma@fieb.org.br, diegomedeiros350@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento social e econômico tem ao longo do tempo gerado impactos ambientais, os quais estão pondo em risco a sustentabilidade da vida na Terra, entre os problemas identificados tem o aquecimento global devido às emissões dos Gases de Efeito Estufa – GEE, sendo eles representados por carbono equivalente. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva apresentar a pegada de carbono com base nos principais fluxos de matéria prima, energia e emissões ambientais ao longo da cadeia de produção do capacete de obra produzido com compósito de fibra natural (polipropileno + sisal) e capacete de material 100% plástico (polipropileno), para a comparação das emissões de GEE destes produtos e assim decisão de melhor opção de material com base nos ganhos ambientais. Para tanto, foram levantadas informações detalhadas da cadeia de produção do capacete, resultando em fluxogramas dos processos com identificação das entradas e saídas de cada etapa. O cálculo foi baseado em equações e planilhas, utilizando dados quantitativos referentes à realidade local do processo de produção, compondo os insumos básicos (energia e matérias primas) das cadeias em análise, para verificar a viabilidade ambiental ou não na substituição do capacete convencional (produzido com apenas polipropileno) pelo capacete produzido com compósito de fibra vegetal (sisal + polipropileno). Como resultado principal, a menor pegada de carbono foi verificada para o capacete feito com compósito. No entanto, os dados refletem a realidade local, devendo ser considerado as suas particularidades.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade tem revelado a necessidade crescente de consumo por uma gama ampla de produtos, sejam eles bens materiais e/ou serviço, que são produzidos a partir dos recursos naturais, trazendo muitas vezes poluição e degradação ecológica. São observados efeitos indesejados deste processo como, por exemplo, a redução da biodiversidade, escassez de alimentos e poluição atmosférica.

Em relação à emissão de gases poluentes para a atmosfera destaca-se o impacto do aquecimento global, associado aos gases de efeito estufa. Para minimizar esse impacto



cada vez mais as empresas e governos estão calculando a sua pegada de carbono, que segundo o Instituto Carbono Brasil (20--), “pegada de carbono é a medida do impacto das atividades humanas sobre as emissões de gases do efeito estufa, ou seja, condiz com a quantidade de carbono equivalente liberada em cada atividade”.

Esses gases intensificam o efeito estufa acarretando no aumento da temperatura média do planeta, resultando em variações climáticas por diferentes partes do globo. Segundo o Potencial de Aquecimento Global (PAG) divulgado pelo IPCC (2007) os demais gases estufas são quantificados e convertidos para o indicador da categoria, para dióxido de carbono equivalente (CO₂ equivalente), ao longo de uma cadeia de produção de produtos ou serviços.

O IPCC é o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) que contempla e divulga informações científicas e sócio econômicas pertinentes ao potencial impacto climático proveniente de atividades humanas bem como ações mitigatórias, através dos relatórios contendo o método desenvolvido para inventariar gases estufa (IPCC, 2007).

Novos estudos e descobertas de novas tecnologias geram contribuições para uma efetiva reversão desse cenário. Podemos contar com mecanismos simples, tais como educação ambiental, selos verdes, tecnologias mais limpas, desenvolvimento de leis em prol da sustentabilidade. Em âmbito acadêmico é gerado conhecimento científico agregando novas possibilidades para satisfação comum e redução dos impactos, incentivando a redução de matérias primas utilizadas em processos, com um foco especial para as de origem renovável.

Desta forma, o presente trabalho objetiva apresentar conhecimentos técnicos científicos identificando os principais fluxos de matéria prima, energia e emissões ambientais ao longo da cadeia de produção do capacete de obra produzido com compósito de fibra natural (polipropileno + sisal) e capacete de material 100% plástico (polipropileno), para a comparação das emissões de GEE destes produtos para verificações dos ganhos ambientais.

2. METODOLOGIA

Os fundamentos elencados na revisão da literatura foram adquiridos a partir da análise dos relatórios dos produtores das matérias primas para produção dos capacetes (PP e Sisal), assim como o levantamento de dados no Laboratório do CIMATEC. Este trabalho utilizou a metodologia do GHG Protocol Brasil como referência nos inventários de emissões, contemplando quantitativamente do berço ao portão, e qualitativamente do portão ao túmulo. Entende-se por “berço” as etapas de extração dos recursos naturais, “portão” como sendo a entrada no processo produtivo e “túmulo” o descarte pós uso do produto.

A metodologia para cálculo da pegada de carbono foi embasada em artigos técnicos, fóruns de discussão e consulta a especialista, servindo como base para a aplicação no estudo e obtenção dos resultados e foi considerada a metodologia do Programa Brasileiro GHG Protocol (20--) que define os escopos de análise para o inventário das emissões, como sendo:



Escopo 1: Emissões diretas de GEE - são as provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, como, por exemplo, as emissões de combustão em caldeiras, fornos, veículos da empresa ou por ela controlados, emissões da produção de químicos em equipamentos de processos que pertencem ou são controlados pela organização, emissões de sistemas de ar condicionado e refrigeração, entre outros.

Escopo 2: Emissões indiretas de GEE de energia - contabiliza as emissões de GEE

provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela empresa.

Escopo 3: Outras emissões indiretas de GEE - O Escopo 3 é uma categoria de relato opcional, que permite a consideração de todas as outras emissões indiretas. As emissões do Escopo 3 são uma consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa.

Na identificação da área de estudo, foram levantadas informações detalhadas da cadeia de produção do capacete, desta resultando em fluxogramas (processo e ambiental) utilizados como ferramentas de decomposição de etapas, viabilizando o estudo comparativo nos dois cenários.

O produto escolhido foi o capacete de obra, e os cenários foram: capacete convencional, produzido com 100% de polipropileno e o alternativo produzido com compósito de fibra vegetal (sisal + polipropileno). Foi utilizado o polipropileno produzido pela Braskem unidade Polo Industrial de Camaçari na Bahia e o Sisal produzido na cidade de Valente na Bahia, sendo a produção do capacete realizada no laboratório do SENAI-CIMATEC.

O cálculo foi baseado em equações e planilhas, utilizando dados quantitativos referentes à realidade local do processo de produção, compondo os insumos básicos (energia e matérias primas) das cadeias em análise, para verificar a viabilidade ambiental ou não na substituição do capacete convencional (produzido com apenas polipropileno) pelo capacete produzido com compósito de fibra vegetal (sisal + polipropileno).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objeto de análise, compósito (PP + Sisal), possui massa de 220 gramas enquanto o objeto convencional (100% PP) possui 210 gramas. Na sua composição, o capacete feito de compósito possui 78% de Polipropileno como fase contínua, 20% de fibras de sisal como fase dispersa e 2% de agente de acoplamento para adesão interfacial (Figura 1). O capacete convencional não é produzido na unidade CIMATEC, sendo assim, foi adotado um valor de massa baseado em um exemplar padrão.



Figura 1: Capacete de obra feito a partir do compósito de polipropileno e fibra de sisal.

A análise para cálculo da pegada de carbono contemplou a produção dos insumos, passando pela etapa de fabricação do capacete, uso e descarte, envolvendo a extração de diversos materiais da natureza, uso de outros insumos materiais e energia, geração de resíduo, transportes, armazenamento e emissões ao meio ambiente.

O Quadro 1 ilustra o comparativo das etapas do ciclo de vida dos capacetes de PP e CFN.

QUADRO 1 - PROCESSOS DE FABRICAÇÃO COMPARATIVO – PP / CFN		
ETAPAS DO CICLO	POLIPROPILENO	COMPÓSITO
Matéria Prima	Extração	Plantio
	Refino	Colheita
	Beneficiamento	Beneficiamento
Transporte	Diesel	Diesel
Produção do Compósito	-	Secagem
	-	Mistura
	-	Extrusão
	-	Resfriamento
	-	Sopradoer
	-	Granulador
	-	Desumificador
Produção do Capacete	Modelagem	Modelagem
	Embalagem	Embalagem
	Limpeza	Limpeza
Uso do capacete	Uso	Uso
Destinação do capacete	Destinação	Destinação

Para esse estudo não foi considerado a etapa de montagem das peças internas do capacete, e sim somente o “casco” do capacete. A não inclusão dessa etapa foi devido ao fato do laboratório do SENAI-CIMATEC não contemplar essa etapa, e também por se tratar de uma etapa comum aos dois tipos de capacete, o que não iria interferir no resultado da pesquisa a qual está voltada a descobrir qual dos dois tipos possui maior pegada de carbono.

O cálculo da pegada de carbono foi baseado em dados disponibilizados pela empresa Braskem em seu relatório anual de 2012 que considerou a pegada de carbono, desde a extração da matéria prima até o beneficiamento do polipropileno. Também foram considerados os dados coletados do plantio, colheita e beneficiamento da fibra de sisal. A partir deste ponto foram contabilizadas as respectivas conversões de CO₂ equivalente e transporte também convertidos em Kg C equivalente/L diesel das duas matérias primas até a planta piloto do Laboratório de Polímeros do SENAI CIMATEC, que por sua vez foram somadas aos seus respectivos processos de produção, gerando a quantificação da pegada, da extração até a confecção do capacete.

Seguindo a metodologia do GHG protocol as emissões de gases estufa, no escopo 1, foram nulas já que havia apenas gases residuais de evaporação de água. Para o escopo 2 foram contabilizadas as emissões de GEE vindas da aquisição de energia elétrica utilizada para o processo de fabricação do capacete, multiplicando pelo fator de emissão (CO₂ equivalente/kWh), extrapolando para produção em larga escala, Tonelada de CO₂ equivalente/Tonelada de matéria prima produzida. Considerando que para ambos os materiais as pegadas das etapas de produção (embalagem e limpeza), uso e destinação são iguais para cada material analisado, por isso, não foram calculadas, ou seja, foram consideradas apenas de forma qualitativa. Para o escopo 3, foram consideradas as etapas de matéria prima e transporte.

O Quadro 2 apresenta a pegada de carbono do capacete produzido com polipropileno puro.

QUADRO 2 - PEGADA DE CARBONO – CAPACETE DE PP PURO		
ETAPAS DO CICLO	POLIPROPILENO	T CO₂equivalente/T PP
Matéria Prima	Extração	1,33
	Refino	
	Beneficiamento	
Transporte	Braskem - Laboratório	0,0355
Produção do Capacete	Modelagem	0,0347
	Embalagem	-
	Limpeza	-
Uso do capacete	Uso	-
Destinação do capacete	Destinação	-
TOTAL		1,400

O Quadro 3 apresenta a pegada de carbono do capacete produzido com compósito de fibra vegetal.

QUADRO 3 - PEGADA DE CARBONO – DE CFN		
ETAPAS DO CICLO	COMPOSITO	T CO₂equivalente/Tcompósito
Matéria Prima - Sisal	Plantio	0,0000
	Colheita	0,0000
	Beneficiamento	0,0140
Matéria Prima - PP	Extração	1,0374
	Refino	
	Beneficiamento	
Transporte	Colheita - Beneficiamento	0,0000
	Beneficiamento - Laboratório	0,0213
	Braskem - Laboratório	0,0355
Produção do Compósito	Secagem	0,0002
	Mistura	0,0036
	Extrusão/Resfriamento	0,0861
	Soprador	0,0110
	Granulador	0,0000
	Desumidificador	0,0196
Produção do Capacete	Modelagem	0,0347
	Embalagem	-
	Limpeza	-
Uso do capacete	Uso	-
Destinação do capacete	Destinação	-
TOTAL		1,263

Observando as pegadas de carbono para cada tipo de material, verifica-se que o maior valor de pegada de carbono foi para o polipropileno devido à etapa de extração, refino e beneficiamento do petróleo onde é gerado a maior parte das emissões (1,33 T CO₂ equivalente), e o mesmo se verifica para o compósito que apresentou 1,0374 T CO₂ equivalente para essa mesma etapa, associado a 78% de polipropileno usado na produção do compósito.

Na etapa de manufatura a comparação entre os dois tipos de materiais usados demonstra a diferença alta de valores nas respectivas manufaturas (portão a portão), pois apesar da etapa de modelagem ser igual nos dois casos, para o compósito tem uma etapa a mais que é a produção do compósito, sendo assim, a pegada de carbono do capacete, na etapa de produção, feito com polipropileno foi de 0,0347 T CO₂ equivalente, enquanto que para o compósito foi de 0,1552 T CO₂ equivalente.

Na etapa de transporte a comparação entre os dois tipos de materiais usados demonstra uma pegada de carbono maior para o compósito (0,0568 T CO₂ equivalente/T) visto que a distância entre a produção do sisal e o laboratório do CIMATEC é 240 km, enquanto que a distância da produção do polipropileno para o laboratório do CIMATEC é de



apenas 50 km, gerando uma pegada de carbono associado ao transporte de 0,0355 T CO₂ equivalente/T para o material polipropileno. Nota-se que as etapas de transporte para ambos os processos de produção tem um impacto considerável na quantificação final dos valores da pegada de carbono, sendo um aspecto variável de acordo com a distância entre a matéria prima e a produção, assim como o modal de transporte adotado, que nesse caso, foi o rodoviário.

Mesmo com a pegada associada à produção e ao transporte sendo maior para o compósito, nota-se que a pegada geral do polipropileno é maior, já que o processo de extração e beneficiamento do petróleo possui elevada pegada de carbono.

Com a substituição da matéria-prima convencional (polímero) por compósito (fibra de sisal + polímero), obtém-se um componente verde, sendo este passível de ter uma melhor disposição final e uma melhor degradabilidade. Pode-se contar com o decréscimo efetuado naturalmente na captura de carbono pela planta para sua manutenção, onde obtém-se uma redução da pegada de carbono para compósito de fibra vegetal. O compósito possibilitou o bom uso de um recurso natural renovável (sisal) e não renovável (PP).

Apesar de não ter sido calculada a pegada de carbono das etapas do processo de montagem interna do capacete, limpeza e embalagem e das etapas de uso e destinação, por serem iguais para os dois materiais analisados, o resultado obtido apresentou a indicação da maior pegada, ou seja, atendeu ao objetivo da pesquisa. No entanto, se o interesse for calcular o valor total da pegada deve-se incluir essas etapas.

Adicionalmente, foi evidenciado também o ganho econômico na produção, segundo os valores apontados do quilo do sisal R\$ 1,85/kg para Jan 2014 enquanto a matriz polimérica custa mais que o dobro, barateando significativamente a confecção do produto.

4. CONCLUSÃO

Nota-se a importância dos inventários de emissões de gases estufa (GEE) e ferramentas de avaliações e análises com o propósito de nortear ações na redução de impactos ambientais associados aos produtos (matéria-prima, produção, uso e descarte).

O maior valor da pegada de carbono parcial para cada material foi referente à etapa de extração e beneficiamento do petróleo reforçando que esse recurso natural não renovável está associado a altas taxas de emissões de GEE, o que corroborou para o maior valor da pegada de carbono ser atribuído ao capacete produzido com polipropileno.

Deve-se ressaltar que esse resultado foi obtido a partir das especificidades locais. Um item que demonstra isso é o transporte, pois a fibra de sisal é oriunda da cidade de Valente – BA (240 km do Laboratório do CIMATEC), enquanto o polipropileno é produzido no Polo industrial de Camaçari (50 km do laboratório do CIMATEC). Logo, de acordo com a distância, modal e tipo de combustível utilizado a pegada de carbono vai variar.



O emprego da fibra de sisal na produção do compósito atende a demanda de novos materiais alternativos, sendo este de alta degradabilidade, em substituição de recursos naturais não renováveis (PP), conferindo propriedades mecânicas satisfatórias ou até melhores em comparação ao capote de polipropileno puro.

A pesquisa reforça a importância da avaliação do ciclo de vida dos produtos para cada caso em particular de modo a alcançar a sustentabilidade ambiental, sem, portanto desconsiderar o ganho econômico e social.

REFERÊNCIAS

BRASKEM. **Pegada de Carbon. Carbon Footprint.** 2012. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Braskem_PegadaCarbono_107.pdf> Acesso em: 20 jun 2014.

INSTITUTO CARBONO BRASIL. **Pegada de carbono.** 20---. Disponível em: <http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mercado_de_carbono/pegada_de_carbono> Acessado em: 12 jun 2014.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). IPCC *Fourth Assessment Report: Climate Change* 2007, Direct Global Warming Potentials. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14>. Acesso em: 18 abr 2014.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa.** Segunda Edição. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/CapaSecao&id=1>>. Acesso em: 12 out 2014.