

ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL ETÍLICO DE SEBO BOVINO ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

Rafael Alves Esteves; Roberto Guimarães Pereira
(Universidade Federal Fluminense – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas / PGEB, Escola de Engenharia, Rua Passo da Pátria 156, CEP 24210-240, Niterói - RJ, Brazil, rafael-esteves@hotmail.com)

RESUMO

O presente trabalho se propôs a estudar os impactos ambientais gerados ao longo do ciclo de vida da produção do biodiesel etílico obtido através do sebo bovino. O fluxo de referência adotado para o trabalho foi a geração de 1GJ de energia fornecida a partir do biodiesel produzido. Os dados utilizados no inventário do ciclo de vida foram calculados baseados em outros trabalhos científicos semelhantes. O método de avaliação dos impactos ambientais escolhido foi o CML 2001. Ao todo foram analisadas nove categorias de impactos ambientais. Os resultados da avaliação dos impactos ambientais demonstram que das nove categorias de impactos avaliadas, duas (uso do solo e mudanças climáticas) apresentam maiores danos ambientais em comparação com as demais. Os resultados sugerem maior intensificação nas medidas de controles operacionais inerentes ao processo produtivo majoritariamente relacionado a etapa agrícola (criação do gado), devido as maiores contribuições de impactos ambientais.

Palavras-chave: Gestão ambiental; biocombustíveis; avaliação de impactos ambientais; avaliação do ciclo de vida.

INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível alternativo ao óleo diesel comum, sendo derivado de fontes renováveis como, por exemplo, a soja, dendê, mamona, algodão, girassol, sebo bovino, etc. Esse biocombustível apresenta propriedades físico-químicas e reológicas semelhantes ao do óleo diesel e pode ser utilizado em motores convencionais (Pereira *et al.* 2007; Demibras 2009).

De acordo com Viana (2008), a grande vantagem da utilização do biodiesel é que ele pode ser usado diretamente nos motores a diesel, produzindo uma queima menos suja quando comparada com a queima do óleo diesel comum (origem fóssil). A combustão do biodiesel em motores a diesel gera uma redução na emissão de gases poluentes como material particulado, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, óxido nitroso e dióxido de carbono. Além disso, estudos têm mostrado que o biodiesel é um excelente lubrificante que pode aumentar a vida útil do motor.

Diante disso, estudar o ciclo de vida do biodiesel obtido a partir do sebo bovino, principais matérias-primas na produção do biodiesel atualmente, portanto, é relevante na medida em que a busca por novas tecnologias e aumento da produtividade tornam-se necessários no sentido de minimizar os impactos negativos acarretados ao longo da cadeia de produção do biocombustível, buscando uma maior eficiência ambiental e econômica no nicho social ao qual o processo está inserido.

Um dos métodos mais aceitos internacionalmente para avaliação dos impactos ambientais associados a atividades ou produtos baseia-se na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Para Mattsson & Sonesson (2003) a ACV consiste em avaliar os aspectos ambientais e os impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto, desde a extração dos recursos naturais até o uso e disposição final do produto. As categorias gerais de impacto ambiental consideradas em estudos de ACV incluem uso de recursos naturais, implicações sobre a saúde humana e consequências ecológicas.

Essa ferramenta ou método serve como auxílio na tomada de decisão de produção de determinados produtos ou escolha de processos, considerando os impactos causados ao meio ambiente. E pode, ainda, identificar oportunidades de melhorias dos aspectos ambientais, considerando as várias fases de um sistema de produção.

A ACV fornece visão geral do real impacto causado pela fabricação de certo produto, determinando as etapas críticas da produção que proporcionam altas descargas ambientais ou que consomem grandes quantidades de recursos naturais.

Uma vez que o ciclo de vida do biodiesel considera fluxos de entradas e saídas para a economia e para o meio ambiente, é possível analisar, através do estudo de ACV, os impactos econômicos, sociais e ambientais no decorrer da cadeia produtiva e determinar a desempenho ambiental dos processos.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta os resultados do estudo de ACV da cadeia produtiva do biodiesel obtido a partir do sebo bovino via rota etílica. Este estudo buscou avaliar os fluxos de matéria e energia de entrada e saída de cada etapa do processo de obtenção do biocombustível a fim de identificar aquelas mais impactantes e relevantes em termos ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia foi desenvolvida de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR ISO14040:2009 para Avaliação do Ciclo de Vida. Nela são relatados os princípios e a estrutura que um estudo de ACV deve conter e que se deve adotar para uma abordagem sistemática desde a aquisição de matéria-prima até a disposição final, possibilitando a transparência do estudo a tópicos como o escopo, às suposições consideradas, à qualidade dos dados e aos resultados.

Para a realização do presente trabalho foi necessário cumprir as seguintes etapas metodológicas:

- **Primeira etapa: Definição do Objetivo e Escopo**

O objetivo deste estudo de ACV é identificar os impactos ambientais causados durante o processo produtivo do biodiesel produzido a partir do sebo bovino, via rota etílica.

Espera-se dessa maneira verificar os impactos ambientais associados ao processo produtivo em cada etapa da produção pertinente ao tipo de matéria-prima estudada. Ainda, avaliar as contribuições mais significativas em termos de consumo de matéria e energia nos diferentes processos.

Adotou-se para este estudo de ACV a abordagem *Cradle to Gate* (do berço até o portão da fábrica). O estudo compreendeu como fronteira a fase de criação do gado até a produção do biodiesel refinado.

Calculou-se a unidade funcional em a partir do poder calorífico do óleo do sebo bovino. O poder calorífico de um combustível indica a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível por unidade de massa, quando ele é queimado. No caso de um combustível de motores, a queima significa a combustão no funcionamento do motor. Quanto maior o poder calorífico, maior é a energia do combustível. Nesse sentido, foi definida como unidade funcional deste estudo a quantidade de recursos necessários para a produção de 1 GJ de energia fornecida por biodiesel produzido.

Tomando por base o trabalho realizado por Cárdenas (2011) foi estabelecido o valor para o poder calorífico (PCI) do sebo bovino, como sendo 39,9MJ/kg. Nesse sentido, o fluxo de referência adotado para este estudo será o quantitativo da massa de biodiesel produzido (em kg) necessários para gerar o total de energia equivalente a 1 GJ. Logo: fluxo de referência para o sebo bovino = $39,9 \text{ MJ/Kg} = 0,0399 \text{ GJ/Kg} \rightarrow 25,062 \text{ Kg}$.

- **Segunda etapa: Análise do Inventário**

Todos dados utilizados neste trabalho foram obtidos de fontes secundárias, tendo como referência outros trabalhos realizados por pesquisadores que atuam no tema. O levantamento bibliográfico consistiu em consulta a diversas dissertações de mestrado que

abordaram estudos de ACV, bem como teses de doutorado para a validação dos inventários do ciclo de vida específicos para biocombustíveis produzidos com as especificidades da realidade nacional, cujos resultados foram aplicados na construção dos inventários dos ciclos de vida das matérias-primas utilizadas neste estudo comparativo.

Os dados não disponíveis nas fontes consultadas foram complementados a partir da biblioteca (base de dados) Ecoinvent – versão 3, manipulada através da utilização do *software* Simapro – versão 8.

Não foi realizado contato direto com empresas específicas. Todos os dados obtidos para a realização deste estudo de ACV estão devidamente citados nas referências bibliográficas, podendo ser facilmente buscados e acessados.

- **Terceira etapa: Avaliação dos Impactos**

Etapa de definição das categorias de impacto ambiental. No presente estudo, o método de análise do impacto ambiental utilizado foi o método CML 2001. As categorias de impactos ambientais estudadas neste trabalho são definidas pelo método utilizado e, dentre todas as categorias de impacto que o método fornece, as que foram escolhidas para este estudo são: mudanças climáticas (aquecimento global), destruição da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade de águas doces e terrestre, toxicidade humana, destruição de recursos abióticos e uso do solo (uso da terra).

- **Quarta etapa: Interpretação do Ciclo de Vida**

Nessa etapa, os dados obtidos durante a realização do estudo serão analisados e utilizados na formulação de conclusões e recomendações para a melhoria do sistema estudado. Estas informações poderão servir para análise e seleção de processos, insumos e equipamentos, e assim orientar importantes decisões para a redução de custos e aprimoramento tecnológico, energético e ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema do Produto

O sistema do produto estudado (Figura 1) é composto por quatro subsistemas elementares: i) produção do gado gordo para abate (cuja saída é o gado gordo); ii) processo de abate do gado (cuja saída é a carne, chifre e materiais sem valor alimentício para o comércio, que gerará o sebo bovino); iii) usina de produção do sebo bovino (onde a saída é o próprio sebo bovino); e iv) usina de produção do biodiesel de sebo bovino, através da transesterificação (cuja a saída é o biodiesel de sebo bovino refinado).

O sistema do produto inclui os processos vindos da tecnosfera (entradas dos subsistemas que compõem a esfera tecnológica), tais como: defensivos agrícolas, insumos para sanidade animal, sal mineral, pastagens, rações para alimentação dos animais, infraestrutura fazendária, óleo diesel, eletricidade, transporte e água. Além disso, inclui entradas diretas da natureza como: energia solar, dióxido de carbono e área (terra/solo).

Inventário do Ciclo de Vida – ICV do Biodiesel de Sebo Bovino

Para a modelagem deste estudo de ACV do biodiesel de sebo bovino foram calculados os dados de entradas e saídas, considerando os resultados obtidos de outros três trabalhos realizados, a saber: “Inventário do ciclo de vida do biodiesel de sebo bovino e de soja e do óleo diesel de petróleo usados em ônibus urbanos da cidade de São Paulo, SP” de Cunha (2008), “Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino” de Lopes (2006) e “Avaliação dos impactos ambientais da pecuária de corte semi-intensiva” de Willers (2014).

No primeiro trabalho, o autor inventariou os dados de entradas e saídas para o ciclo de vida do biodiesel de sebo bovino e de soja e os compararam os resultados obtidos com o ciclo

de vida do óleo diesel de petróleo (também inventariado no estudo). O estudo modelou a simulação de cenários para diferentes locais de produção dos produtos e dos locais de consumo final para a mistura B20.

No segundo trabalho, a autora dividiu o trabalho em duas partes, onde na primeira parte foi discutido o uso de alguns catalisadores básicos para a produção do biodiesel etílico de sebo bovino (considerado uma matéria-prima de baixo custo), mostrando que sua produção através da transesterificação básica é viável. Na segunda parte do trabalho, o objetivo foi analisar o balanço energético da produção de biodiesel de sebo bovino.

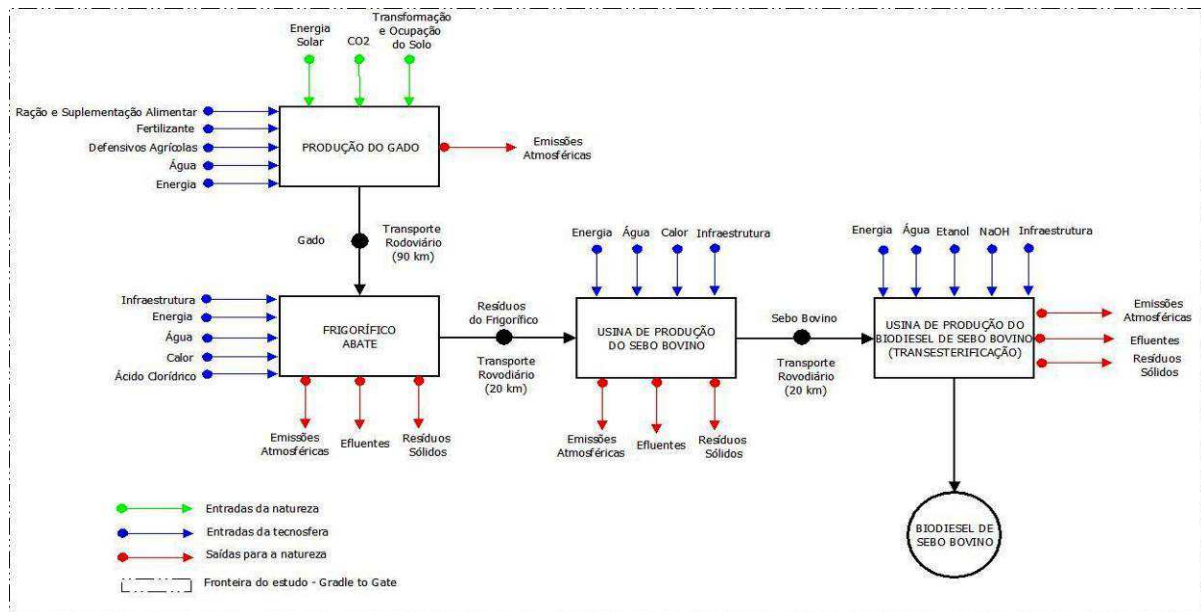


Figura 1. Fronteira do estudo – ACV do biodiesel de sebo bovino.

O terceiro trabalho a autora se propões a realizar um estudo de caso da pecuária de corte semi-intensiva de duas propriedades localizadas no sudoeste baiano. O trabalho seguiu a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida estabelecida pela ISO 14040 (2009) e avaliou quais fases do processo de produção do gado (etapas de cria, recria e engorda dos animais) são mais relevantes e significativas em termos ambientais para as categorias de impactos adotadas no estudo.

Os transportes dos produtos oriundos das etapas elementares da cadeia produtiva do biodiesel de sebo bovino foram estimados com base em distâncias médias encontradas na realidade da cadeia produtiva envolvendo a relação entre as fazendas, os frigoríficos e as usinas de biodiesel no Brasil. Em média, a distância encontrada para transporte entre o local de produção do gado até o frigorífico (onde é realizado o abate e a separação da carne comercial, ossos, drenagem e coleta do sangue, couro e gordura dos animais abatidos) é de 90 km feito por caminhão. Considerou-se a distância de 20 km entre o frigorífico e a usina de produção do sebo bovino que servirá de matéria-prima para a produção do biodiesel na usina de transesterificação. E, para finalizar os transportes, foi considerada a distância de mais 20 km desde a produção do sebo bovino até a usina de produção do biodiesel (transesterificação).

O levantamento dos dados de inventários dos ciclos de vida para a produção do etanol e do hidróxido de sódio utilizados na modelagem do ciclo de vida deste estudo (álcool e catalisador, respectivamente, necessários no processo de transesterificação), foram obtidos calculados a partir de outros estudos e pela biblioteca do Ecoinvent v3.

Como premissa específica, o presente estudo leva em consideração as características de pecuária extensiva aplicada na região Centro-Oeste do Brasil, o que implica em

significativas divergências nos resultados se comparados os resultados deste estudo com outros estudos de ACV modelados para outras regiões do país.

A região Centro-Oeste foi estabelecida como parâmetro de fronteira para o estudo devido a sua alta produtividade e representatividade na criação de gado. A região é a que detém o maior rebanho do país, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2014). Neste sentido, se torna evidente a importância da Região Centro-Oeste na produção agropecuária do país.

Alocação do Sistema

Quando há coprodutos que saem do mesmo processo produtivo estudado são usados fatores de alocação para distribuir a intensidade de uso de recursos e emissões para o meio ambiente de forma coerente com realidade. No caso do sebo bovino, a alocação é necessária ao final do processo de abate no frigorífico.

Como produtos que saem para cada animal que é abatido no frigorífico, de acordo com dados publicados pelo BEEFPOINT (2013), a proporção dos materiais é a seguinte: carne comercial = 46%, osso = 16%, órgãos (miúdos) = 15%, carcaça = 8%, couro = 7%, sangue = 4%, gordura = 4%.

Os dados apresentados acima estão em conformidade com os dados publicados por Felício (1998). No trabalho, o autor faz um estudo considerando o abate de um boi de 468 kg. Excluindo as perdas em urina e excrementos do animal durante o transporte da fazenda até o frigorífico, o processo de abate do animal rende 131 kg (~27,2%) entre osso, carcaça e gordura (materiais que darão origem ao sebo bovino).

Para este estudo o parâmetro de alocação escolhido foi a mássica, respeitando o percentual de massa de 28% de rendimento de sebo bovino (processado a partir do osso, carcaça e gordura do animal abatido). Ou seja, para cada quilograma de peso vivo do animal abatido, isso resultará na geração de 28 kg de sebo bovino.

Análise do Impacto do Ciclo de Vida – AICV do Biodiesel de Sebo Bovino

Os resultados da avaliação dos impactos ambientais associados aos subsistemas estudados serão apresentados, primeiro, atendendo a uma recomendação da norma ISO 14040 (2009) que é a caracterização, onde os dados contidos nos inventários são convertidos em impactos ambientais de acordo com os indicadores para cada categoria de impacto do método escolhido, expressos em percentagem. Segundo, através da análise dos resultados normalizados (ponderados), onde os valores encontrados são relativizados quanto a relevância ambiental que a categoria de impacto apresenta em relação a realidade local do sistema estudado.

A Figura 2 apresenta os impactos ambientais inerentes ao processo produtivo do biodiesel de sebo bovino em percentagem. A AICV apontou para um maior impacto na fase de produção do gado em todas as categorias.

Utilizando o critério de normalização, a Figura 3 mostra os impactos ambientais também por categoria de impacto. Na divisão por cores constata-se que a principal etapa geradora de impacto ambiental relevante foi a produção do gado.

Os resultados mostram que o impacto ambiental concernente ao uso do solo é o mais relevante e significativo dentre todas as demais categorias de impacto (mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, destruição dos recursos abióticos, toxicidade humana, acidificação, eutrofização e ecotoxicidade de águas doces e terrestre).

Na produção do gado é necessária muita área ocupada e transformada em pastagem. Todo esse processo de ocupação e transformação do solo afeta o sistema complexo de relações impactantes ao meio ambiente. A retirada da densa cobertura vegetal do solo para a formação do pasto contribui diretamente para o aquecimento global devido ao aumento das

emissões de metano, além de impactar no microclima da região. Frente aos impactos ambientais ocasionados pela fase de produção do gado, as demais etapas da cadeia produtiva do biodiesel de sebo bovino se mostram menos relevantes e significativas. Isso não quer dizer que as outras etapas do processo produtivo não apresentem impactos. Elas têm suas contribuições e necessitam ser estudadas a fundo para se tentar manter o maior nível de mitigação possível.

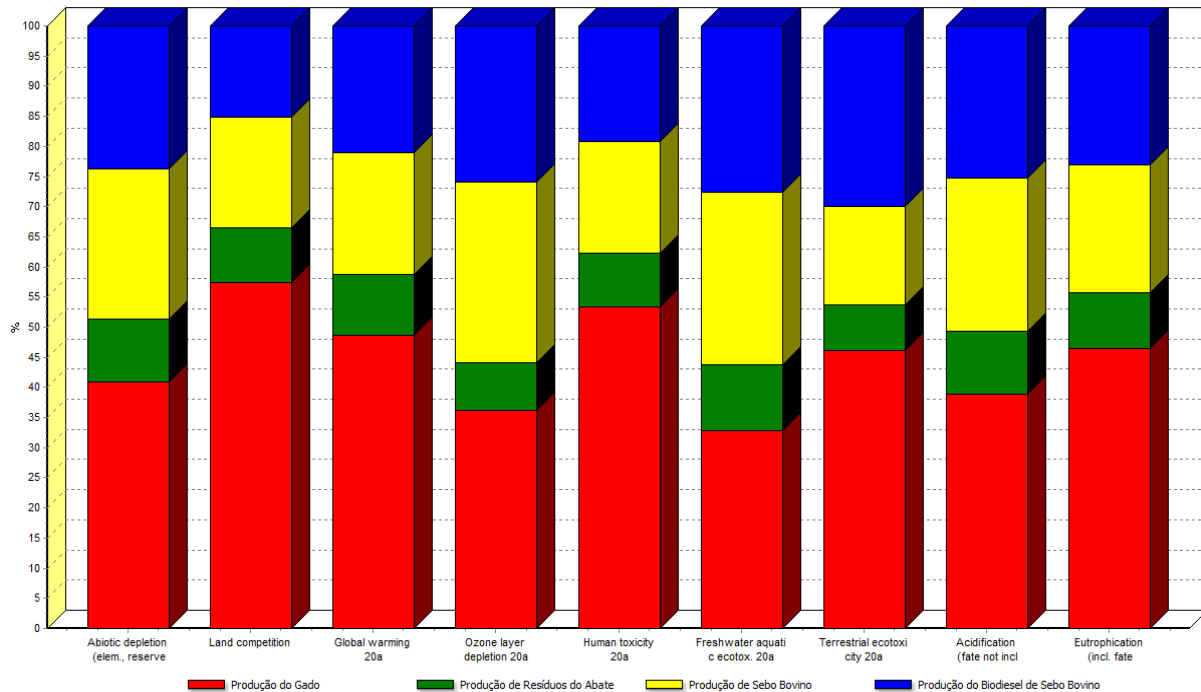


Figura 2. Impactos ambientais inerentes ao processo de produção do biodiesel de sebo bovino (%).
Fonte: Resultados da modelagem de ACV.

Destruição dos Recursos Abióticos

Essa categoria de impacto analisa a extração de minerais e combustíveis fósseis. O indicador é dado com base equivalente de kg de antimônio para cada kg de material extraído de reservas naturais.

Para a extração da rocha fosfática é necessário a utilização de veículos fora de estrada com alto consumo de combustível fóssil. Depois de extraído, o minério é processado em unidades de processamento com elevada necessidade de combustíveis e energia, o que aumenta muito a contribuição do impacto frente a demanda de fertilizantes fosfatados requeridos para a produção do gado, para a produção do biodiesel de sebo bovino.

Uso do Solo

Diversos trabalhos dissertam sobre os impactos ambientais das atividades agropecuárias no Brasil e no mundo. O trabalho intitulado “O arco do desmatamento na Amazônia: da pecuária à soja” de Domingues e Bermann (2012), com base em numerosos levantamentos realizados no referido trabalho, os autores atribuem os impactos ambientais relativos ao uso do solo na atividade pecuária muito mais incisivos do que na atividade agrícola da soja, devido a uma questão de elevação de fronteira. Os autores afirmam que a conquista por pastos invade áreas verdes primárias em velocidade e expansão territorial muito mais significativa do que o cultivo de soja.

O demasiado uso do solo pela produção pecuária acarreta impactos ambientais irreversíveis, tais como: compactação e impermeabilização do solo pela força exercida pelos

animais, erosão, contaminação por defensivos agrícolas, impactos em detrimento da retirada da vegetação nativa de áreas contínuas e extensas, assoreamento de rios e reservatórios, perda da biodiversidade, extinção de áreas naturais e eutrofização.

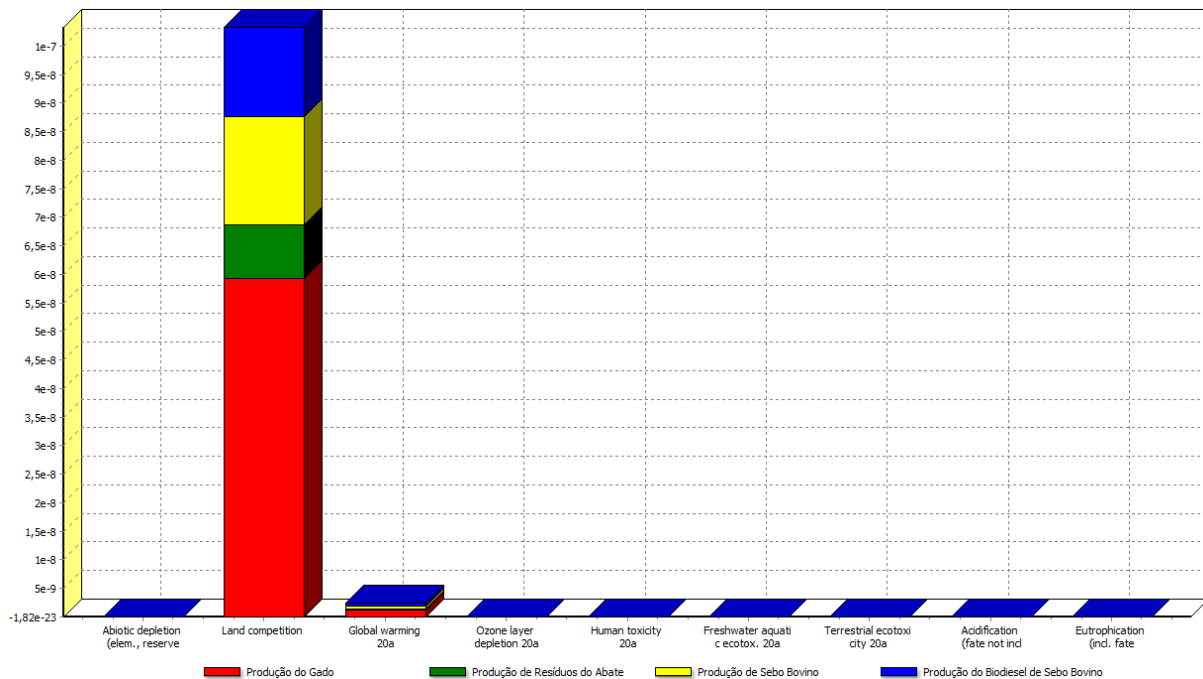


Figura 3. Impactos ambientais inerentes ao processo de produção do biodiesel de sebo bovino (Ponderação). Fonte: Resultados da modelagem de ACV.

Mudanças Climáticas

O principal aspecto de contribuição para a categoria de impacto mudanças climáticas vem da produção do gado. No entanto, outros fatores colaboram para os resultados, como por exemplo, a questão do uso do solo já mencionada no item acima.

Com base na biologia dos herbívoros ruminantes é possível compreender que a produção de metano é parte do processo digestivo que ocorre no pré-estômago desses animais (rumem). A fermentação do material vegetal ingerido no rumem é um processo anaeróbico que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta. Ao produzir-se esta transformação, libera-se calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, onde são produzidos dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). Segundo dados da EMBRAPA (2002), a intensidade de emissão de metano depende do tipo de animal, da quantidade e do grau de digestibilidade da massa ingerida e do esforço a que se submete o animal.

Como a pecuária necessita de grandes áreas verdes para pastagem, e com isso, há diversos estudos que comprovam a íntima ligação entre a atividade pecuária com o desmatamento de florestas nativas, a ocupação e transformação dessas áreas contribuem de forma bastante significativa para elevação desses resultados obtidos.

Os resultados mostram, também, contribuição significativa para as mudanças climáticas vindo do processo de abate no frigorífico. A explicação está no elevado consumo de energia e combustível fóssil necessário para a geração de vapor e água aquecimento, procedimento que facilita o desmonte da carcaça e promove mais facilmente a separação das peças de abate.

Destruição da Camada de Ozônio

Os resultados mostram que a maior contribuição para a destruição da camada de ozônio é oriunda da produção de vapor utilizado nos processos frigoríficos. No processo frigorífico a utilização do vapor e da água aquecida favorece o corte da carne e a separação das peças do animal abatido, além de promover o atendimento a requisitos legais de higienização estabelecidos pela vigilância sanitária.

No entanto, o vapor d'água é apontado como um grande contribuinte para o efeito estufa. Desde a publicação do quarto relatório do IPCC em 2007, o vapor d'água é considerado um dos principais mecanismos causadores do aquecimento global, pois funciona como um amplificador do aumento da temperatura.

Toxicidade Humana

No sistema adotado para o estudo, a geração de vapor utiliza óleo diesel fóssil. Possivelmente por este motivo é que haja maior contribuição vinda desse processo. Como a queima de combustível fóssil emite gases com problemas amplamente anunciados, os principais gases contabilizados para na categoria de impacto toxicidade humana, evidentemente, seja o monóxido de carbono (CO) oriundo da queima incompleta do combustível no motor, o dióxido de nitrogênio (NO₂), os compostos orgânicos voláteis não metano (COVNM).

Outra contribuição impactante pertinente a toxicidade humana observada no processo produtivo do biodiesel é originada no processo de deionização da água utilizada em algum momento no frigorífico. A deionização da água envolve a utilização de resinas catiônicas e aniônicas onde ocorre a troca iônica dos íons presentes na água de entrada no processo. As resinas de troca iônica são polímeros orgânicos geralmente sulfonados e derivados do estireno e do divinilbenzeno, sob a forma de pequenas partículas geralmente esféricas (com diâmetro menor que 0,5 mm). Por conclusão, a contribuição à toxicidade humana mostrada no resultado venha do processo produtivo das resinas de troca iônicas, cujo processo envolve a geração de compostos clorofenóis ao longo da cadeia de produção.

Ecotoxicidade de águas doces e terrestre

A análise do processo de produção do biodiesel de sebo bovino referente a ecotoxicidade de águas doces e terrestre não difere muito da análise lançada para a toxicidade humana inerente ao mesmo processo produtivo. Os processos que contribuem para a toxicidade são os mesmos da anterior.

Acidificação

Além da queima de combustível fóssil, os resultados mostram que contribuiu para a elevação do percentual da categoria de impacto acidificação, as emissões provenientes do consumo de energia elétrica do sistema elétrico nacional, muito consumida na etapa de abate e frigorífico. As entradas e saídas referente a produção, distribuição e consumo de energia elétrica foi viabilizada pela utilização da biblioteca de dados do Ecoinvent v3.

Eutrofização

A eutrofização cobre todos os potenciais impactos em níveis ambientais excessivamente altos de macronutrientes, onde os mais importantes destes são o nitrogênio (N) e o fósforo (P). O enriquecimento de nutrientes pode causar uma mudança indesejável na composição das espécies e produção elevada de biomassa no ecossistema aquático. Em ecossistemas aquáticos, a elevada produção de biomassa pode conduzir a uma depressão do nível de oxigênio, por causa do consumo de oxigênio na decomposição da biomassa (Guinée et al. 2001a).

Pertinente a eutrofização, a etapa de produção do sebo bovino requer atenção dada a especificidade do processo. Nesta etapa é envolvida uma quantidade muito grande de matéria orgânica sendo descartada em meio hídrico.

CONCLUSÃO

O trabalho avaliou os impactos ambientais associados ao processo de produção do biodiesel etílico de sebo bovino em meio alcalino. Das nove categorias de impactos analisadas (destruição dos recursos abióticos, uso do solo, mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce e terrestre, acidificação e eutrofização), a categoria de impacto que confere maior dano ambiental é o uso do solo, devido aos impactos decorrentes a etapa de produção agrícola, seguido da categoria de impacto referente a mudanças climáticas, em função da produção do gado e do consumo de combustíveis fósseis, tanto na etapa agrícola, pela utilização dos maquinários, como nos processos de geração de vapor e aquecimento da água nos processos frigoríficos de abate do animal.

Os resultados deste estudo corroboram outros trabalhos publicados por autores que se dedicam a compreender os fenômenos ambientais dos processos produtivos que envolvem o uso, ocupação e transformação da terra. A produção do gado demanda grandes extensões de áreas verdes. Além dos impactos advindos da ocupação do solo, maiores são os impactos incidentes da preparação do solo para as atividades, seja de pastagem ou cultivo. Os resultados obtidos deixam claro que é necessária maior intensificação nas medidas de controles operacionais concernentes a todas as etapas do processo produtivo, tendo como estabelecimento de prioridades as etapas referentes a produção agrícola (criação do gado), dado ser um processo que mais apresentou contribuições para a ocorrência de impactos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 2009a. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Brasil.
- Beefpoint. 2013. Consumo de subprodutos animais está em crescimento no mundo, e agregar valor é o desafio. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/aproveitamento-de-subprodutos-animais-esta-em-crescimento-no-mundo-e-agregar-valor-e-o-desafio/>. Acesso em: 26 de julho de 2015.
- Cárdenas, OSIRIS. 2011. Estudo da transferência de calor em fornalha flamatubular utilizando como combustível o sebo bovino. Tese de Doutorado (Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 89p.
- Cunha, Joel Teixeira da. 2008. Inventário do ciclo de vida do biodiesel de sebo bovino e de soja e do óleo diesel de petróleo para uso em ônibus urbanos na cidade de São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado (Tecnologia Ambiental: Gestão Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPTec, São Paulo, 141p.
- Demirbas, A., 2009. Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion and Management* 50 (9), 2239e2249.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 2002. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano na pecuária. Brasília: Dados do Instituto Brasileiro de Pesquisas Estatísticas, 2002. 79 p.
- Felício, P.E. 1998. O pecuarista recebe pela carne, mas o boi não é feito só de bifes. *C.R.M.V.* São Paulo, v.26 p.15-17.
- Guinée, J.B. et al. 2001a. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. *Operational annex*, 2001a, 276 p.
- Lopes, Elaine Martins. 2006. Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino. Itajubá. Dissertação de Mestrado (Engenharia da Energia). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 120p.
- MAttsson, B; Sonnesson, U. (Ed.). 2003. *Environmentally-friendly food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003. 337 p.
- Pereira, R.G., Oliveira, C.D., Oliveira, J.L., Oliveira, P.C.P., Fellows, C.E., Piamba, O.E., 2007. Exhaust emissions and electric energy generation in a stationary engine using blends of diesel and soybean biodiesel. *Renewable Energy* 32 (14), 2453e2460.
- Viana, Marcelo Mendes. 2008. Inventário do ciclo de vida do biodiesel do óleo de girassol. São Paulo. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 230p.
- Willers, Camila Danielle. 2014. Avaliação dos impactos ambientais da pecuária de corte semi-intensiva. Dissertação de Mestrado (Ciências Ambientais). Escola de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014, 86p.