

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO PROCESSO PRODUTIVO DO BIODIESEL BRUTO DE MAMONA UTILIZANDO A MATRIZ DE LEOPOLD

Naiane Talita dos Santos Damasceno (Univasf)
naianetalita25@hotmail.com

Barbara Evelin Oliveira Sampaio (Univasf)
barbaraevelinsamp@hotmail.com

VIVIANNI MARQUES LEITE DOS SANTOS (Univasf)
vivianni.santos@univasf.edu.br



Com a crescente preocupação com o meio ambiente nos últimos tempos e pelo petróleo ser um recurso finito, é imprescindível a busca de outras fontes que sejam renováveis para geração de combustíveis que causem menos impactos ambientais. O Brasil está investindo na produção de biocombustíveis, que podem ser obtidos a partir de óleos vegetais ou residuais, como soja, mamona, dendê, girassol e outros, como também as gorduras animais. Nesse cenário, o Nordeste se destaca na produção de mamona, onde existe uma viabilidade econômica e social para o seu cultivo. Apesar dos benefícios dos combustíveis alternativos, deve-se também avaliar os impactos ambientais gerados no seu processo de produção, sendo objetivo deste estudo a identificação dos impactos ambientais do processo de produção do biodiesel bruto de mamona, utilizando o método da matriz de interação derivada da matriz de Leopold, que permite a correlação entre as etapas do processo com suas atividades impactantes e os fatores ambientais. Com base no estudo do processo e análise da Matriz foram identificadas as ações impactantes e sugeridas algumas medidas mitigadoras, incluindo a previsão de redução de 56% dos impactos ambientais negativos pela substituição do metanol pelo etanol para produção do biodiesel bruto de mamona.

Palavras-chave: Biocombustíveis, oleaginosas, impactos ambientais, poluição

1. Introdução

O petróleo e seus derivados são os recursos mais utilizados para geração de energia e combustível no mundo, constituindo, em 2014, 87% do consumo de acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE). Em particular, no Brasil, houve um consumo de 59% de energia não renovável, sendo 39,3% de petróleo e derivados (BRASIL, 2014). As reservas de petróleo vêm se esgotando, o que gera uma preocupação por essa matéria-prima ser finita e seu uso contribuir em grande escala para a degradação ambiental. Com isso, cresce o interesse por fontes alternativas e renováveis de combustíveis (SHAHID; JAMAL, 2007). Segundo Shay (1993), o primeiro relato do uso de óleos vegetais como combustível líquido, em motores de combustão interna, foi em 1900, quando Rudolf Diesel utilizou óleo de amendoim em sua invenção.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) define biocombustível como derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia. Nesse contexto, o Brasil vem obtendo destaque em relação aos outros países, devido, principalmente, sua disponibilidade de matéria-prima (área agriculturável) (ANP, 2015).

Dentre os tipos de biocombustíveis, o biodiesel tem-se destacado como o forte candidato para substituir progressivamente o diesel, devido, entre outras vantagens, às reduções significativas nas emissões de gases poluentes descritos na Tabela 1 (DIAS, 2009).

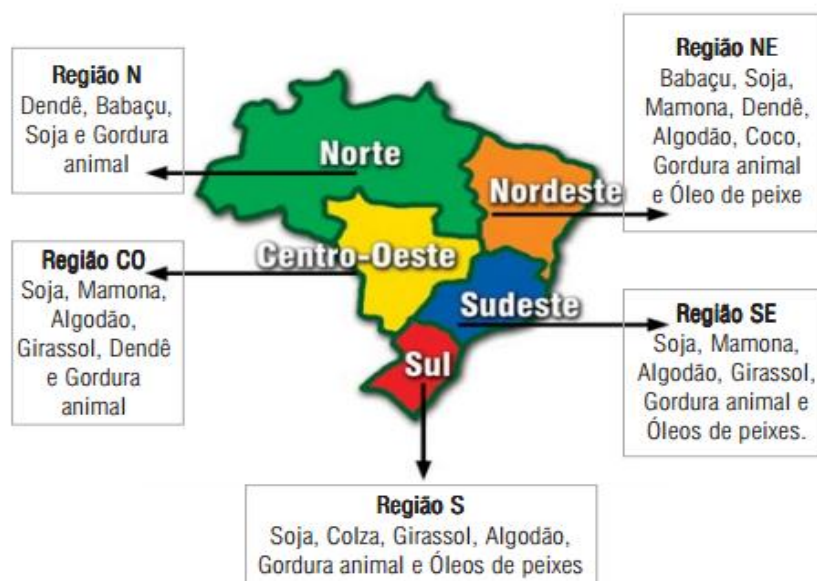
Tabela 1 - Emissões de biodiesel comparadas ao diesel de petróleo

TIPO DE EMISSÃO	B20	B10
Total de Hidrocarbonetos	-20%	-67%
Monóxido de Carbono (CO)	-12%	-48%
Dióxido de Carbono (CO ₂) - ciclo de vida da produção	-16%	-79%
Material Particulado	-12%	-47%
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	+2%	+10%
Óxidos de Enxofre (SO _x)	-20%	-100%
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	-13%	-80%
HPA Nitrados (nHPA)	-50%	-90%

Fonte: Adaptado de França (2008)

Parente (2004) destacou que como oferta de matérias-primas para produção deste biocombustível, os óleos vegetais, gorduras animais, além de óleos e gorduras residuais. Dentre os óleos vegetais, Mothé et al. (2005) indicou diferentes espécies existentes no Brasil, entre elas: mamona, dendê, girassol, babaçu, soja, algodão e outras (Figura 1).

Figura 1 - Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel por região do Brasil



Fonte: Mothé et al. (2005)

Kouri et al. (2004) ressaltaram que a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) teve ampla produção no Brasil, principalmente nos estados do Nordeste e Centro-Oeste, onde existia grande vantagem competitiva, causada pelo baixo custo de produção, pela sua resistividade à seca e a facilidade de manejo, como também pela sua importância econômica, social e seu largo uso como insumo industrial.

Apesar da redução de poluentes e vantagens para o meio ambiente, a substituição do diesel pelo biodiesel requer instalações industriais para sua produção e como qualquer processo industrial, deve-se prever quais os impactos ambientais oriundos daquela atividade. Nesse contexto, ressalta-se a necessidade de uma análise crítica do processo produtivo do biodiesel com foco nos impactos ambientais com o objetivo de fornecer subsídios e/ou alternativas para minimizá-los.

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise direcionada para os impactos ambientais ocasionados pelo processo de produção do biodiesel bruto de mamona utilizando método

derivado da Matriz de Leopold, bem como sugerir medidas mitigatórias para os impactos identificados.

2. Referencial teórico

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), teve como principais diretrizes implantar um programa sustentável, promover inclusão social; garantir preços competitivos, qualidade e suprimento e produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas. Para este alcance foi criada a Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, que estabeleceu a obrigatoriedade da adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel comercializado, em qualquer parte do território nacional (BRASIL, 2015).

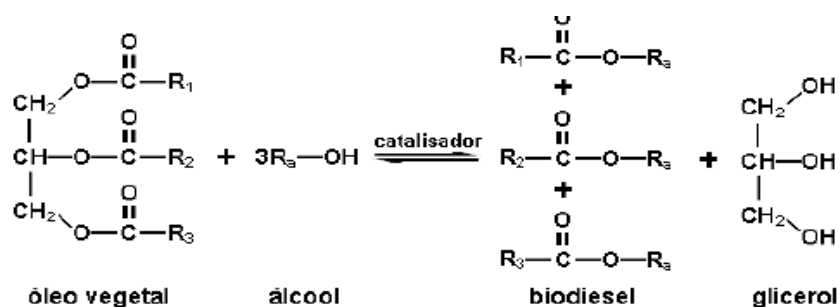
O biodiesel pode ser utilizado na forma pura (B100), ou misturado com o diesel, em misturas que incluem várias percentuais de biodiesel (BX), onde X representa o percentual de biodiesel adicionado ao diesel.

De acordo com a Lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014, no Art.1, foi estabelecido o percentual de 7% de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final, medidos em volume. De acordo com Embrapa (2015), este aumento de percentual significa 7,3 milhões de toneladas de emissões de CO₂ eq. evitadas ao ano. Com o B20 Metropolitano, cerca de 577,2 mil toneladas deixariam de ser emitidas, o equivalente à plantação de 3,6 milhões de árvores.

2.1. Processo de produção do biodiesel bruto de mamona

A rota tecnológica mais comumente empregada para a produção de biodiesel está associada à transesterificação, na qual um triacilglicerídeo reage com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador para formar, ésteres monoalquílicos (biodiesel) e glicerol, conforme esquematizado na Figura 2 (BENEVIDES, 2013).

Figura 2 - Reação de transesterificação de um triacilglicerídeo com um álcool



Fonte: Benevides (2013)

De acordo com a estequiometria da reação, o processo consiste em reações que ocorrem a partir da proporção molar 3:1 de álcool e triacilglicerídeo (óleo), sendo que o álcool geralmente é adicionado em excesso no intuito de aumentar o rendimento da produção do éster (biodiesel), bem como favorecer a sua separação do glicerol (GERIS, 2007).

2.2. Vantagens e Desvantagens

Entre as vantagens comuns ao biodiesel de óleos vegetais e residuais, deve-se destacar o sua biodegradabilidade; emissão de enxofre considerada desprezível; estabelecimento de um ciclo fechado de carbono, no qual o CO₂ pode ser absorvido (sequestro de carbono) quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor, reduzindo assim as emissões líquidas de CO₂ (MACHADO, 2006) e que a via de obtenção de biodiesel a partir de resíduos de origem vegetal ou animal constitui uma forma de reciclagem (ARAÚJO, 2011).

Para a produção do biodiesel a partir do óleo de mamona também existe a vantagem da ausência da disputa “Alimento X Combustível”, como ocorre com a soja, já que a mamona é inapropriada para o consumo humano, além dos impactos sociais positivos no caso do estímulo à agricultura familiar (DIAS, 2013).

Entre as desvantagens, deve-se levar em consideração a disputa por área agriculturável para produção de alimentos, com destaque para a soja. No caso do óleo de mamona, deve-se verificar também a sua alta viscosidade devido à alta concentração do ácido ricinoléico em sua composição, o que pode resultar em uma queima incompleta do biodiesel, provocando a formação dos acúmulos de carbono nos bicos injetores e nos anéis de pistões (EMBRAPA, 2008). Além disso, comparando com o óleo de soja, o óleo de mamona não possui cadeia produtiva consolidada, o que vem dificultando sua oferta e logística.

2.3. Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais

Para identificar impactos ambientais, faz-se necessária a utilização de ferramentas que auxiliem sua realização. Uma gama de métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) está disponível em trabalhos dedicados ao tema, interagindo a fonte de impacto, o meio receptor dos efeitos e os atores sociais intervenientes. Cada método trata de problemas e objetivos específicos, podendo-se assumir que a seleção, adaptação e desenvolvimento de métodos e sistemas de AIA dependem dos objetivos da avaliação (CANTER, 1977).

A Resolução CONAMA 001/86 regulamentou os estudos sobre a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, definindo impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, sendo elas diretas ou indiretas (BRASIL, 1986). A AIA tem como finalidade a viabilização do uso dos recursos naturais e econômicos, dentro do processo de desenvolvimento, promovendo assim o conhecimento, a discussão e a análise imparcial dos impactos ambientais positivos e negativos de uma proposta. Permitindo tanto evitar como corrigir os danos e otimizar os benefícios (MOREIRA, 1985).

A listagem de controle (“*checklist*”) foi um dos primeiros tipos básicos dessas análises, e simplesmente enumerava os fatores ambientais e os respectivos indicadores de impacto (MOREIRA, 1985). Também surgiram os chamados métodos ad-hoc, redes, diagramas, superposição de cartas e matrizes – como, por exemplo, a matriz de Leopold. Posteriormente, surgiram métodos e modelos que tornaram possível a quantificação, monitoramento e comparação de alternativas e medidas mitigadoras de impactos negativos, tomando como exemplo o método de Batelle, as matrizes de realização de objetivos e as folhas de balanço. (FOGLIATTI et al., 2004).

Leopold (1971), a princípio desenvolveu a Matriz de Impactos, ou Matriz de Correlação Causa x Efeito, que vem sendo alterada e aperfeiçoada, como o propósito de melhor adequá-la aos objetivos do Estudo de Impacto Ambiental. A “Matriz de Leopold” segundo Almeida, (1994), corresponde a uma listagem bidimensional para a identificação de impactos, num segundo momento do processo de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, sendo de fundamental importância para as fases subsequentes.

O método de Leopold se baseia na disposição pré-estabelecida, ao longo dos eixos da matriz, de inúmeras ações (referentes a projetos diversos), os fatores ambientais, (incluindo as características dos meios físico, biótico e socioeconômico e suas interações). Permite, ainda, a atribuição de valores de magnitude e importância para cada tipo de impacto identificado, cujos critérios podem ser encontrados de modo descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Critérios de qualificação dos impactos ambientais

Critério	Impacto	Descrição
Valor	Positivo	Quando uma ação causa melhoria da qualidade de um parâmetro.
	Negativo	Quando uma ação causa dano à qualidade de um parâmetro.
Ordem	Direto	Quando resulta de uma simples relação de causa e efeito.
	Indireto	Quando é uma reação secundária em relação à ação.
Espacial	Local	Quando a ação circunscreve-se a própria indústria e suas imediações.
	Regional	Quando um efeito se propaga por uma área além das imediações da indústria.
	Estratégico	O componente é afetado coletivo, nacional ou internacionalmente.
Temporal	Curto prazo	Quando o efeito surge no curto prazo (a determinar).
	Médio prazo	Quando o efeito se manifesta no médio prazo (a determinar).
	Longo prazo	Quando o efeito se manifesta no longo prazo (a determinar).
Dinâmica	Temporário	Quando o efeito permanece por um tempo determinado.
	Cíclico	Quando o efeito se faz sentir em determinados períodos.
	Permanente	Executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido.
Plástica	Reversível	A ação cessada, o meio ambiente retorna às condições originais;
	Irreversível	Quando cessada a ação, o meio ambiente não retorna às suas condições originais, pelo menos num horizonte de tempo aceitável pelo homem.

Fonte: Kaercher et al. (2012)

Devido maior adequação ao estudo, foi utilizado o método da Matriz de Leopold para avaliação dos impactos ambientais oriundos do processo de produção do biodiesel bruto de mamona.

3. Metodologia

A metodologia foi caracterizada quanto à natureza e quanto a sua forma de abordagem. Para o estudo do processo de transesterificação a forma de abordagem é exploratória, onde envolve tanto o levantamento bibliográfico como procedimentos experimentais. Já para análise utilizando a Matriz de Leopold, a forma de abordagem foi qualitativa, atribuindo ao pesquisador a interpretação dos fenômenos e atribuição dos significados indutivamente. Ambas, possuem natureza de pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida para problemas específicos (SILVA, 2001).

O processo de produção de biodiesel bruto a partir do óleo de mamona foi realizado, no Laboratório de Processos Químicos (LPQ) da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, sendo realizados os procedimentos técnicos em cada etapa do processo, com descrição de todas as entradas e saídas com seus possíveis impactos ambientais (Figura 3).

Com base na elucidação das etapas do processo de produção do biodiesel bruto, uma Matriz de Interação derivada da Matriz de Leopold para a identificação dos impactos ambientais, as quais foram melhor visualizadas por meio da elaboração do fluxograma (Figura 3). Finalmente, após esta etapa, foi possível propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

A matriz de Interação qualifica os impactos seguindo critérios com características de valor, ordem, espaço, tempo, dinâmica e plástica, conforme descrito no item 2 - referencial teórico. Após lançadas as etapas, as atividades e os fatores ambientais na matriz, as atividades impactantes são multiplicadas pelos fatores ambientais resultando nos impactos identificados, os quais apresentam subsídios para adoção de medidas ambientais minimizadoras ou potencializadoras (KAERCHER, 2009).

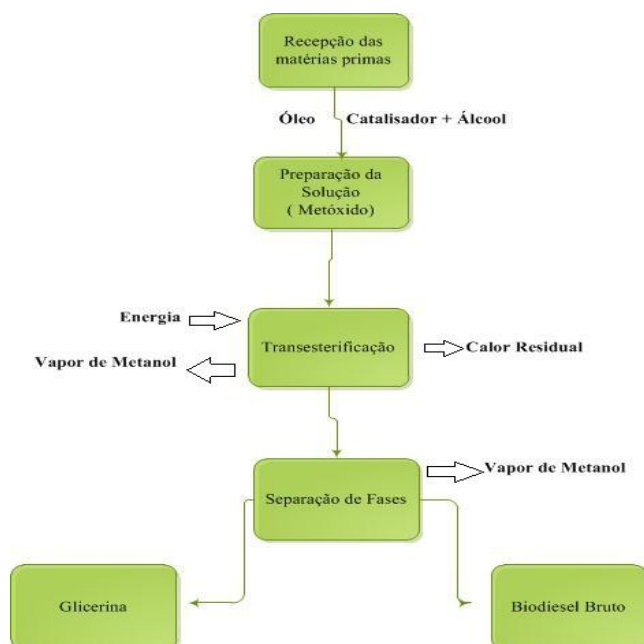
4. Resultados e discussão

Os resultados obtidos, após a análise do processo de produção do biodiesel bruto de mamona, serão mostrados a seguir, indicando os impactos positivos e negativos do processo. Em seguida, serão descritas a matriz e as medidas propostas.

4.1. Produção do biodiesel bruto

O processo de produção do biodiesel bruto de mamona foi analisado, sendo elaborado o Fluxograma descrito na Figura 3, cujas etapas estão descritas a seguir.

Figura 3: Fluxograma da obtenção do biodiesel por meio da transesterificação



Fonte: Autoria Própria

4.1.1. Recepção da matéria-prima

Para a produção do biodiesel bruto de mamona, foram utilizados óleo de mamona, fornecido pela Petrobrás BR, metanol, e hidróxido de potássio (KOH) como catalisador. Nesta fase, observou-se a necessidade de uma atenção especial para o manuseio e armazenagem do metanol e do catalisador, pois estes são produtos químicos tóxicos. Em caso de vazamento ou derrame do metanol ou do hidróxido de potássio, são gerados impactos negativos, tanto no meio físico, como: contaminação do ar, dos recursos hídricos e dos recursos edáficos, quanto no meio antrópico, afetando a qualidade de vida e a saúde.

4.1.2. Preparação do metóxido

Uma vez que o catalisador não pode ser adicionado diretamente ao óleo, ou a mistura óleo e álcool, fez-se necessário sua prévia solubilização no álcool, formando o metóxido. Para o processo em destaque foi utilizado 0,5% de KOH calculado em relação à massa de óleo. Esta atividade acarreta impactos negativos ao meio físico, biótico e antrópico.

4.1.3. Processo de transesterificação

Nesta etapa, o metóxido foi adicionado ao óleo de mamona pré-aquecido, que foi mantido sob constante agitação e temperatura entre 60°C e 70°C. Após completar 1 hora de reação o produto foi retirado e levado para o balão de separação. Foram identificados como entradas o óleo, o metóxido e energia, e como saída vapor de metanol, biodiesel e glicerina, bem como calor residual.

4.2. Avaliação dos impactos ambientais

Com base no fluxograma resultante das etapas do processo de produção do biodiesel bruto (Figura 3) foi elaborada a matriz, na qual estão descritas as etapas do processo com suas respectivas atividades impactantes e sua relação com o meio (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz de identificação qualitativa dos impactos ambientais da produção de biodiesel do óleo de mamona

ETAPAS	ATIVIDADES IMPACTANTES	MEIO FÍSICO					MEIO BIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO						
		AR		RECURSO HÍDRICO	RECURSO EDÁFICO	FLORA / FAUNA	ECONÔMICO LOCAL	INFRAESTRUTURA	TECNOLOGIA	QUALIDADE DE VIDA	SAÚDE	DESENVOLVIMENTO REGIONAL	PAISAGISMO	QUALIDADE PROD. FINAL
		PARTÍCULAS SÓLIDAS	GASES E VAPORES	CONTAMINAÇÃO	CONTAMINAÇÃO DO SOLO									
RECEPÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	RECEPÇÃO DO METANOL	-	NDLCAS	NIRMTV	NILOTV	NILOTV	PIRMTV	-	-	NDLMAS	NDLCAS	PIRMTV	-	PDLCPV
	RECEPÇÃO DA BASE	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PIRMTV	-	-	NDLMAS	NDLCAS	PIRMTV	-	PDCAV
	RECEPÇÃO DO ÓLEO	-	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PIRMTV	-	-	NDLMAS	NDLCAS	PIRMTV	-	PDCAV
PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE METÓXIDO	SOLUBILIZAÇÃO DO KOH NO METANOL	NDLCTV	NDLCAS	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NDLMAS	NDLCAS	-	-	PDCTV
REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO	SAÍDA DE VAPOR DE METANOL	-	NDLCAS	-	-	-	-	-	-	NDLMAS	NDLCAS	-	-	NDLCTV
	VAZAMENTO MATERIAL	-	NDLCTV	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NILMTV	NILCTV	-	-	-

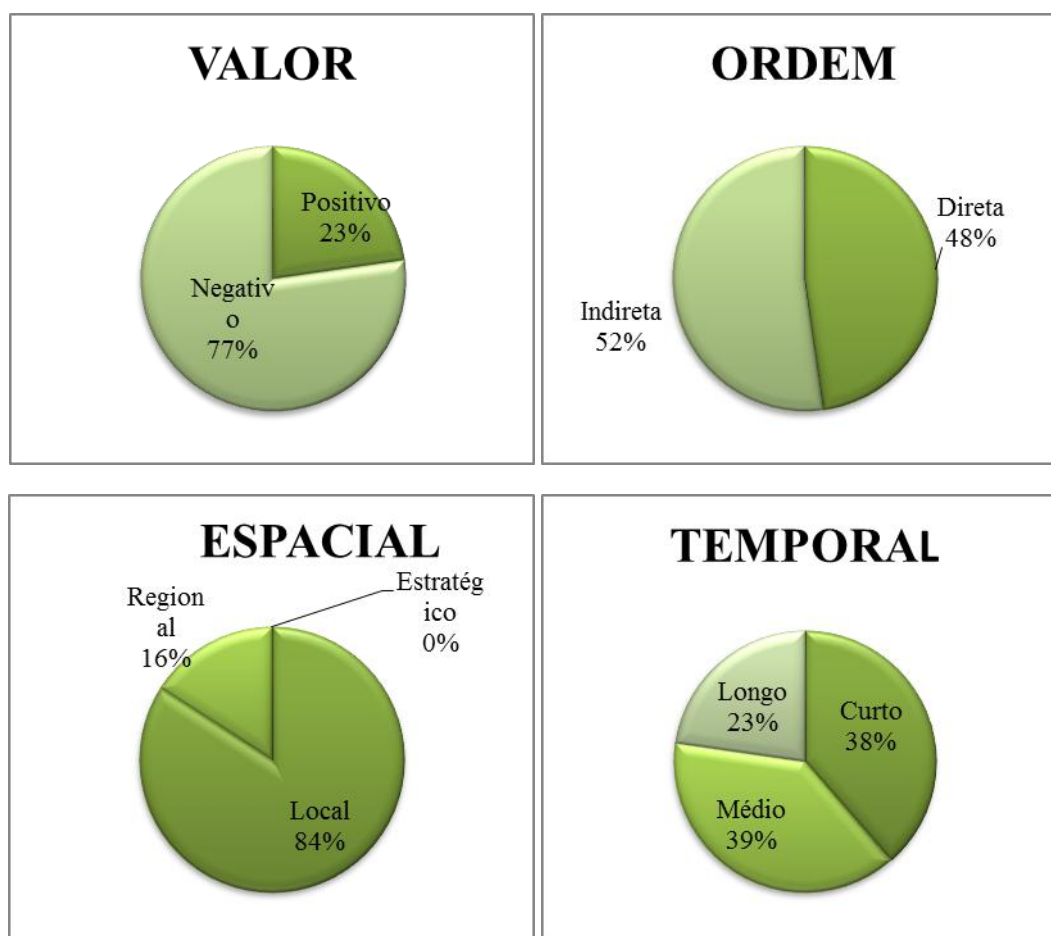
LEGENDA: P - Positivo; N - Negativo; D - Direto; I - Indireto; L - Local; R - Regional; E - Estratégico; C - Curto Prazo; M - Médio Prazo; O - Longo Prazo; T - Temporário; Y - Cíclico; A - Permanente; V - Reversível; S - Irreversível.

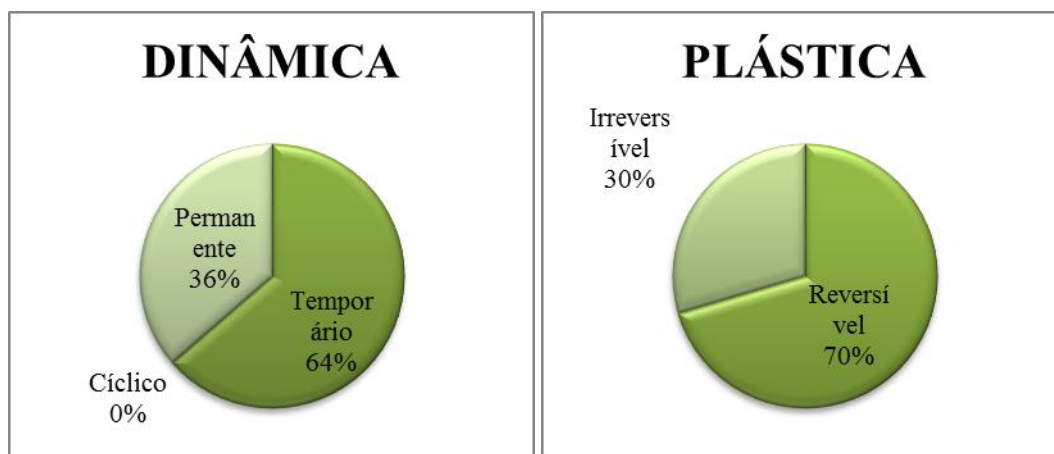
Fonte: Elaboração Própria

O estudo das etapas do processo de produção do biodiesel bruto permitiu identificar 06 (seis) atividades impactantes (Tabela 2). Foram considerados 13 fatores ambientais, gerando 78 (setenta e oito) possíveis relações de impactos, sendo que a partir destas foram identificados 44 (quarenta e quatro) impactos ambientais, tendo como maior incidência os impactos negativos com 77%, conforme Figura 4, conquanto evidencia que a maioria desses impactos é reversível (70%).

Analisando o meio antrópico, verificou-se que a maioria dos impactos positivos está presente no desenvolvimento regional, econômico local e na sua maior parte na qualidade do produto final. Quanto à qualidade de vida e saúde são gerados apenas impactos negativos. Pouco mais da metade dos impactos (52%) são indiretos, isto é, são impactos que tem causa secundária em relação à ação.

Figura 4 - Gráficos de avaliação qualitativa dos critérios utilizados

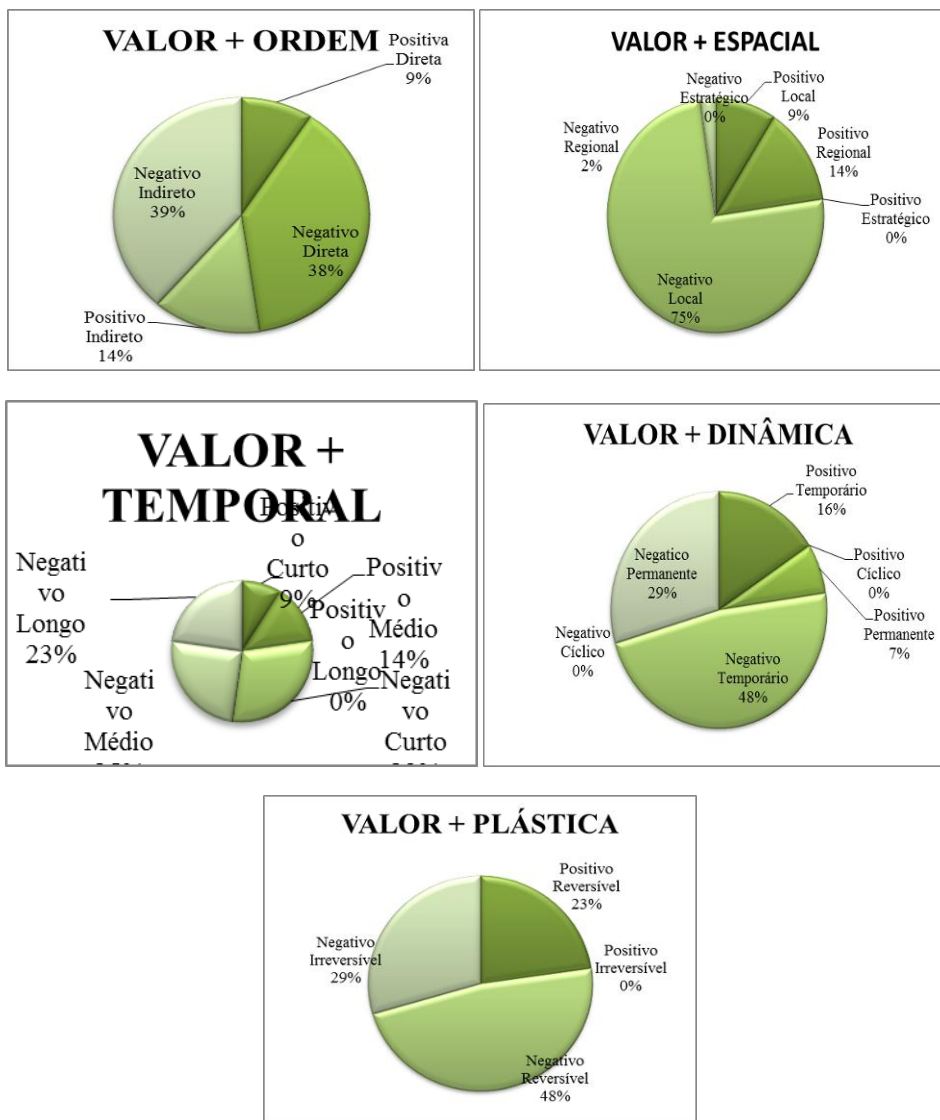




Fonte: Autoria Própria

Na Figura 5, pode-se analisar a relação do critério valor juntamente com os outros critérios, fazendo assim uma análise mais detalhada sobre os impactos gerados pela produção do biodiesel bruto. No quesito Valor + Ordem tem-se a mesma parcela de porcentagem para os impactos negativos tendo sua ação direta ou indireta. Entre os impactos negativos, 75% ocorrem no local que está sendo produzido, causando danos às pessoas que participam desse processo e 30% desses impactos negativos acontecem em curto prazo. Porém, a maioria dos impactos negativos do processo seja de abrangência local, temos que 48% são temporários, isso quer dizer, que esses impactos não irão perdurar no ambiente em tempo indeterminado e com igual proporção, tem-se o reversível, o que pode ser mudado com o tempo e não mais causando efeitos negativos. Embora o processo de produção de biodiesel seja uma alternativa amigável ao meio ambiente, pode-se perceber que são gerados diversos impactos ambientais negativos, de mesmo modo como outros processos industriais, o que leva a busca de melhorias nesse processo, como em outros, para minimizar esses impactos negativos principalmente no que diz respeito ao alcance regional ou estratégico, como também o permanente. As medidas mitigatórias dos impactos negativos identificados estão descritos na Tabela 3.

Figura 5: Gráficos de avaliação qualitativa comparando o critério de valor com os demais critérios utilizados.



Fonte: Autoria Própria

Tabela 3 - Propostas de medidas mitigadoras para algumas ações impactantes

ATIVIDADES IMPACTANTES	MEDIDAS PROPOSTA
Uso de metanol	A substituição do metanol pelo etanol
Possibilidade de vazamento material reacional	Desenvolver rotinas de manuseio e inspeção do equipamento
Saída de vapores de metanol	Recuperação do metanol reinserido no processo, através de um condensador

Fonte: Autoria Própria

Em conformidade com a tabela acima, uma das atividades que causa impacto negativo é a saída de vapor de metanol na etapa de reação de transesterificação contaminando o ar atmosférico, prejudicando a qualidade de vida e saúde dos manipuladores, bem como

circulando na atmosfera com um todo. De acordo com Zambom (2013), a população estará mais exposta aos vapores de metanol por conta da sua larga escala de uso, causando danos à saúde humana decorrente da formação de seus produtos durante sua metabolização no organismo. Para isso recomenda-se a necessidade de incorporar a esse processo um condensador que faz a captura desse vapor, condensando-o para ser usado novamente no processo. Destaca-se que esta proposta deve ser mantida mesmo nos casos em que seja utilizado um álcool menos agressivo, uma vez que o seu reaproveitamento é estratégico também do ponto de vista econômico.

Para não haver prejuízos e acidentes, a medida proposta de desenvolver rotinas de manuseio e inspeção do equipamento leva em conta principalmente a segurança do manipulador para não ter contato diretamente com os produtos químicos, para isso é indispensável o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) que constitui-se em medida de segurança de importância nas operações com produtos químicos e deverão ser selecionados após uma criteriosa análise de riscos, procurando-se atender aos padrões de proteção e conforto, além de se manter sua contínua utilização pelos trabalhadores (EQUIPE ATLAS, 2002).

A reação de transesterificação empregada para produção do biodiesel utiliza como coadjuvante um álcool que pode ser o metanol ou o etanol, neste caso, utilizou-se o metanol por conta da sua disponibilidade, viabilidade econômica e pelas facilidades técnicas do processo em comparação ao uso do etanol de origem fóssil. Do ponto de vista químico, a diferença no biocombustível é quase nula (MICHEL, 2005). Como o Brasil produz etanol de fontes renováveis, pois este apresenta importância no mercado energético brasileiro e o metanol é bastante tóxico na produção do biodiesel, tem-se como uma das medidas mitigadoras mais importantes, a substituição do metanol pelo etanol. O etanol feito a partir da biomassa produzirá um combustível 100% renovável, não é tão tóxico como o metanol e tem menor risco de incêndios.

5. Conclusão

O estudo do processo de produção do biodiesel bruto de mamona, com foco nos aspectos ambientais, permitiu visualizar as principais atividades impactantes. Com a Matriz de Leopold foi possível o diagnóstico em cada etapa, desde a etapa de recepção da matéria-prima, a preparação do metóxido, até o processo de transesterificação propriamente dito. Os resultados

indicaram 6 atividades subsequentes, identificando 78 relações de impactos ambientais gerados nos meios físico, biótico e antrópico.

Em um balanço geral de atividades que ocasionam impactos ambientais positivos e negativos, pode-se perceber de acordo com os percentuais gerados por cada critério que os impactos negativos se sobressaem aos positivos. Em suma, tem-se que 77% dos impactos são negativos, 75% locais, 70% reversíveis, 52% indiretos, 48% temporários e 30% de curto prazo, sendo verificado que esses resultados são influenciados principalmente pela presença do metanol em suas atividades.

Sendo assim, a leitura da matriz de Leopold e dos gráficos nos possibilita concluir que as atividades mais impactantes são: o uso de metanol, sua manipulação e os vapores e gases liberados durante a reação. Para minimizar estes impactos, sugere-se a substituição do metanol pelo etanol oriundo de fontes renováveis, além da criação de rotinas de manuseio e inspeção dos equipamentos e a instalação de uma rota de recuperação do álcool liberado para sua reinserção no processo. Colocando em prática as sugestões listadas acima seria possível reduzir 56% dos impactos ambientais negativos gerados anteriormente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. de; BASTOS, A. C. S.; Métodos para análise e gestão ambiental: III avaliação de impactos ambientais, 1994.

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=470>> Acesso em 09 abri. 2015.

ARAÚJO, J. J. M. Produção de biodiesel a partir de sementes oleaginosas de mamona. 2011. Universidade do Porto, FEUP - MIEA. Porto, Portugal.

BENEVIDES, M. S. L. Estudo da produção de biodiesel a partir de oleaginosas. 2013. Angicos- RN. UFERSA.

DIAS, J. M.; ARAÚJO, J. M.; COSTA J.F.; ALVIM-FERRAZ, M.C.M.; ALMEIDA, M.F. Biodiesel production from raw castor oil. 2013. Renew Energy. Universidade do Porto, Portugal.

DIAS, J. M. Apontamentos relativos à disciplina de Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos. 2009. Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

BRASIL, Balanço Energético Nacional: Relatório de Síntese. 2014. Disponível em:
<https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em 09 abr. 2015.

BRASIL, Resolução CONAMA N° 001/86, 23 de janeiro 1986. Disponível em:<
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em 10 abr. 2015.

BRASIL, Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. 2015. Disponível em:<
http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos_diretrizes.html>. Acesso em 09 abr. 2015.

CANTER, W. LARRY. Environmental Impact Assessment. 2 ed. s/l: McGraw-Hill Science/Engineering/Math , 1996.

EMBRAPA ALGODÃO. Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel. 2008. Campina Grande – PB.

EMBRAPA. Biodiesel reduz em 70% a emissão de Gases do Efeito Estufa. 2015 .Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2723697/biodiesel-reduz-em-70-a-emissao-de-gases-do-efeito-estufa>> .Acessado em 20 abr. 2015.

FRANÇA, B. B. Equilíbrio líquido-líquido de sistemas contendo biodiesel de mamona + glicerina + álcool. 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFRJ, COPPE, 2008.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. Avaliação dos impactos ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte. 2004. Rio de Janeiro: Interciência. 249 p

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; MAIA, I de S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. C. Biodiesel de Soja – Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. 2007. Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, Brasil.

KAERCHER, J.; SCHNEIDER, R. C. S.; KLAMT, R. A.; SILVA, W. L. T.; SCHMATZ, W.L. Impactos ambientais e a produção de biodiesel em escala piloto, 2009. II International Workshop | Advances in Cleaner Production. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change.

KOURI, J.; SANTOS, R.F.dos.; SANTOS, J.W. dos. Evolução da Cultura da Mamona no Brasil. I Congresso Brasileiro de Mamona, 2004, Campina Grande-PB. Manual do congressista: Energia e Sustentabilidade.

LEOPOLD, L.B. et al. Procedure for Evaluating Environmental Impact. Washington, D.C.: Geological Survey Circular ,1971.

MACHADO, G. E. R.; LOPES, J.L.; OLIVEIRA, L.; SILVA, R.M. A perspectiva do biodiesel a partir do cultivo da mamona no Brasil. 2006 . XXVI ENEGEP – Fortaleza - CE, Brasil.

MICHEL, V.; BIODIESEL – Especialista de meio Ambiente. 2005 – Tetra Pak Brasil.

MOREIRA, I. V. D. Avaliação de Impacto Ambiental. Assessoria Técnica da Presidência. FEEMA. Rio de Janeiro, abril 1985.

MOTHÉ, C. G.; CORREIA, D. Z.; CASTRO, B.C. S. de.; CAITANO, M. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de mamona. Revista Analytica, Outubro/Novembro 2005, N°19.

PARENTE, J. E. BRANCO, P. T. C. Análise comparativa entre etanol e metanol visando sua utilização como coadjuvante químico na produção de biodiesel. 2004. Brasília: Coordenação de Publicações.

EQUIPE ATLAS. Segurança E Medicina Do Trabalho: Lei n. 6.514, de 22 de dezembro de 1977. 50ª ed. São Paulo: 2002.

SILVA, E. L. da. Metodologia da Pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SHAY, E.G. "Diesel fuel from vegetable oils: Status and opportunities", *Biomass and Bioenergy*, 1993 .v. 4, n. 4, pp. 227-242.

SHAHID, E.M.; JAMAL, Y. A review of biodiesel as vehicular fuel", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. In Press, Corrected Proof. 2007.

ZAMBOM, L. S. Intoxicação por Metanol. 2013. Disponível em:
<http://www.medicinanet.com.br/conteudos/revisoes/5406/intoxicacao_por_metanol.htm>. Acessado em 08 abr. 2015.