

Avaliação de impactos ambientais do processo de produção de etanol utilizando método derivado da Matriz de Leopold

Environmental impacts assessment of ethanol production using method derived from the Leopold Matrix

Samara Rodrigues de Almeida¹, Viviani Marques Leite dos Santos², Gabriel Pilé de Barros Torres³

^{1,3} Graduandos do Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco – Juazeiro, BA – Brasil

² Doutora em Química. Professora Associado I, Colegiado de Engenharia de Produção, atuando na Área de Meio Ambiente e Desenvolvimento de Processos Industriais. Universidade Federal do Vale do São Francisco - Univasf– Juazeiro, BA – Brasil

Resumo

Neste trabalho, foi analisado o processo produtivo do etanol, identificando os impactos ambientais gerados, almejando a maximização dos impactos positivos, e a redução daqueles negativos. Para tal análise, foi elaborada uma matriz derivada da Matriz Leopold. Esta matriz leva em consideração as várias etapas da produção, facilitando a visualização da origem de cada impacto, possibilitando a minimização dos mesmos através de mudanças no decorrer do processo. Para verificar os ganhos ambientais, a matriz inicial foi comparada com uma nova matriz elaborada a partir de ações propostas. As medidas alternativas propostas foram a utilização da palha da cana para geração de energia, a adição de filtros de purificação, a instalação de uma estação de tratamento de tratamento da água e a redução de perdas durante processo. Os impactos foram analisados conforme critérios de ordem, tempo, dinâmica e de plasticidade. De forma comparativa, foi possível observar que as ações para controle e mitigação de impactos propostas podem promover impactos positivos, bem como reduzir impactos negativos de forma expressiva. Além disso, a utilização da derivada da Matriz de Leopold mostrou-se uma ferramenta promissora para tomada de decisão tanto em empresas quanto no meio universitário.

Palavras-chave: Melhoria contínua. Gestão ambiental. Sustentabilidade.

Abstract

In this paper the ethanol production process was analyzed, identifying environmental impacts caused as a consequence, targeting the maximization of the positive impacts and reduce those negatives. For this analysis, a matrix derived from the Leopold matrix was prepared. This matrix takes into account the various stages of production, facilitating the visualization of the origin of each impact, allowing the minimization of the impacts through changes in the process. The initial matrix was compared with a new matrix prepared from proposed actions to check the environmental gains. The use of the straw for power generation, adding purification filters, the installation of a sewage water treatment and reducing losses during the process were the proposed alternative measures. The impacts were analyzed according to criteria of order, time, dynamics and plasticity. Comparatively, it was observed that the actions proposals for the impact mitigation and control can promote positive impacts and reduce negative impacts significantly. Furthermore, the use of the method derived form the Leopold Matrix proved a promising tool for decision making both in companies and universities.

Keywords: Continuous improvement. Environmental management. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento tecnológico experimentado pelo mundo, a população veio se tornando cada vez mais capacitada à exploração de recursos naturais para obtenção de energia para movimentar suas máquinas, entretanto a principal matéria prima utilizada até hoje, como fonte de energia, ainda é o petróleo. Ele é um recurso cuja velocidade de consumo é muito maior que a velocidade com que ocorre naturalmente na natureza, de modo que é considerado finito ou não renovável e apesar disto ainda vem sendo utilizado intensivamente. Aliado a estes aspectos, somam-se os impactos ambientais negativos oriundos da combustão da gasolina e o do diesel, entre outros. Até recentemente o que se observava era apenas a viabilidade econômica, até que os efeitos da poluição e degradação ambiental se tornaram mais evidentes dando espaço a reflexão e conscientização ambiental. Entre os efeitos mais evidentes destacam-se o efeito estufa, a redução da densidade gasosa na camada de ozônio, a poluição do ar, as chuvas ácidas e os consequentes efeitos à saúde humana.

De acordo com a Cartilha Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB (BRASIL, 2011), diante da necessidade de produção sustentável, é possível observar que algumas indústrias e agroindústrias já reduzem esses impactos através de políticas de produção limpa, onde procuram manter sua produtividade reduzindo ao máximo os impactos negativos ao meio ambiente, ou compensando-os de alguma outra maneira. Somado a esse aspecto, políticas de energia limpa vem sido implantadas no Brasil com incentivo a produção de bioenergia por pequenos agricultores e grandes empresas de agronegócios. Um exemplo é o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que tem como objetivo a implementação da cadeia de produção de biodiesel no Brasil priorizando o incentivo ao desenvolvimento da agricultura familiar.

No contexto da agroenergia, o Brasil já se destaca pela grande capacidade de desenvolvimento de monoculturas para produção de biocombustíveis derivados da cana-de-açúcar e soja. Essas culturas somavam, em 2012, cerca de 35 milhões de hectares plantados na extensão territorial (BRASIL, 2012). A partir de então, passaram a surgir grandes agroindústrias canavieiras no cenário brasileiro que receberam incentivos iniciados pelo Programa Nacional do Álcool (Proálcool) para construção de usinas e destilarias de álcool.

Para Mendes e Padilha Júnior (2007) o termo “agronegócio” deve ser entendido como a soma total das operações de produção, armazenamento e distribuição de suprimentos agrícolas, além dos itens produzidos com base neles. Os autores destacam ainda a diferença entre agroindústria e agronegócio salientando que a agroindústria faz parte do agronegócio, pois ela é a unidade produtora integrante dos segmentos localizados nos níveis de suprimento à produção, transformação e armazenamento. Neste contexto, a produção de etanol destaca-se no agronegócio brasileiro.

Para Baccarin e Castilho (2002) a produção de etanol também promove a geração do bagaço da cana, que vem sendo apontado como o subproduto com maior potencial para aumentar a receita da indústria sucroalcooleira, tanto através da venda direta, quanto pelo uso na cogeração de energia elétrica para as unidades de produção das próprias agroindústrias canavieiras. O bagaço vem sendo utilizado para produção de vapor e energia elétrica através da queima em caldeiras. É desse modo que as agroindústrias canavieiras produzem energia suficiente para seu funcionamento, chegando a fornecer essa energia elétrica para terceiros ou através da adoção de sistemas eficientes de cogeração de energia.

Campos (2012) aborda que muitas usinas da agroindústria canavieira produzem energia que sustentam seu processo produtivo, vendem o que extrapola para algumas companhias energéticas e que a produção desse tipo de energia iniciou-se na década de 90. Foi naquele período que muitas usinas passaram a investir em caldeiras mais modernas que dão um melhor rendimento energético a partir do bagaço e da palha da cana. Através dessas inovações, a expectativa é que a produção de energia ultrapasse as metas de produção de açúcar nas usinas dessas agroindústrias.

Do ponto de vista técnico, Dias (2008) afirma que não só pela fermentação da glicose e frutose se dá a produção de bioetanol, mas também através de técnicas mais avançadas, como

através de hidrólise dos materiais lignocelulósicos, como o bagaço da própria cana-de-açúcar, subproduto da produção de etanol e açúcar nas agroindústrias canavieiras. Contudo, ainda não são conhecidas, pelos autores deste estudo, tecnologias comerciais para sua implantação em larga escala, como no caso da fermentação da glicose e da frutose.

A produção de bioetanol (etanol produzido a partir da cana de açúcar) pode ser considerada uma ação mitigadora de impactos ambientais negativos quando utilizado para substituir o etanol oriundo do petróleo, pois o bioetanol é um combustível renovável e contribui com o balanço de CO₂ diante da etapa de consumo daquele gás, durante o período de cultivo da cana de açúcar. Entretanto, não se pode afirmar que este processo não traz quaisquer danos ao meio ambiente. Ao contrário, sabe-se que qualquer processo de produção gera impactos ambientais negativos, de modo que é necessário avaliar também aqueles impactos. Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante da atividade humana” (Resolução nº 001/86).

O caráter qualitativo das alterações provocadas pelo homem no meio dificulta a avaliação de suas consequências, de modo que é necessário buscar metodologias alternativas e complementares com o objetivo de direcionar mais adequadamente as análises e planejamento das ações. As diferentes metodologias observadas para avaliação de impactos ambientais levam em consideração diversos aspectos. Por isso, a escolha correta do método é essencial para o êxito do parecer final.

Segundo Fogliatti et al. (2004), a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) surgiu nos Estados Unidos da América sendo um dos instrumentos para a concretização da política nacional de meio ambiente. De acordo com Macedo e Beaumord (1997), a AIA pode ser um dos principais elementos de avaliação de desempenho de todo e qualquer projeto ou empreendimento e o delineamento das medidas, ações, decisões, recomendações e projetos ambientais destinados ao desenvolvimento de um cenário de mudanças ambientais, com funções de solidez e objetividade com que se efetua a avaliação em si. Nesta mesma abordagem, Oliveira e Moura (2009) afirmam que os métodos utilizados em uma AIA envolvem a inter e multidisciplinaridade, subjetividade e parâmetros que permitem a quantificação além dos itens qualitativos e quantitativos, tornando possível observar a importância destes parâmetros e a probabilidade dos impactos acontecerem. Assim, é possível a obtenção de dados que aproximem a análise a uma conclusão mais realística.

Fogliatti et al. (2004) destacaram que os primeiros métodos utilizados para avaliação de impactos ambientais se caracterizavam por serem aproximações sistemáticas que tinham como objetivo a identificação dos impactos, destacando os *check lists*, 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.

Apesar de se caracterizar em um método qualitativo com julgamentos subjetivos, segundo Leopold et al. (1971) a derivada da matriz é uma ferramenta de avaliação que pode ser usada para definir a priorização dos impactos e ações para mitigá-los. Além disso, o desenvolvimento de estudos, pelos autores deste artigo, aponta que se trata de uma ferramenta simples e facilmente atualizada nos casos de monitoramento constante. Para Kist et al. (2009), dentre as várias ferramentas de diagnóstico qualitativo, a Matriz de Leopold permite ainda correlacionar os aspectos ambientais com suas características de escopo, com efeitos em meio biótico e antrópico.

O objetivo da matriz Leopold na predição e etapas de avaliação é identificar as atividades mais prováveis de ocorrer para determinar se as características dos impactos estão positivas ou negativas. Este método proporciona valores numéricos para julgamentos subjetivos. Há uma razão subjacente a este julgamento e deve ser um critério para a comparação de sistemas alternativos.

A Matriz de Interação derivada da Matriz de Leopold, utilizada neste trabalho, não utiliza parâmetros numéricos, sendo a avaliação qualitativa. Ela possui duas dimensões: na

primeira dimensão, características e condições existentes no ambiente em análise são caracterizadas e incluem os componentes ligados as características físicas e químicas, as relações biológicas, condições culturais e ecológicas. A outra dimensão envolve as ações propostas que podem causar impactos ambientais, considerando a modificação do ambiente natural e construído, a extração de recursos, transformação, renovação de recursos, tratamento químico e acidentes.

Apesar de característica qualitativa, este método de avaliação ambiental tem sido utilizado para diferentes processos tais como a avaliação da produção agrícola e da produção industrial (CANTER, 1996).

Neste estudo, a avaliação dos impactos utilizando a matriz de interação se mostrou uma técnica muito útil, permitindo a identificação e a avaliação dos impactos de forma simples, ágil e bastante flexível, o que ajudou nas futuras definições quanto ao processo de produção do etanol, como quais os principais impactos ambientais dominantes e alternativas para a mitigação dos impactos negativos, bem como melhorias no processo de produção.

O presente trabalho surgiu da necessidade de uma investigação acerca das energias alternativas ao petróleo, a qual deve ser também analisada do ponto de vista dos impactos ambientais resultantes. Os impactos negativos ao meio ambiente oriundos da produção de etanol devem ser avaliados, sempre em busca da melhoria contínua aliada à sustentabilidade ambiental. Dessa forma, o estudo teve como objetivo, pesquisar, de forma criteriosa, os impactos da produção de etanol no agronegócio brasileiro, mapeando o processo e avaliando os impactos ambientais de sua produção através da derivada da Matriz de Leopold.

2 METODOLOGIA

O estudo do processo de produção do etanol foi iniciado através de pesquisa bibliográfica, com base em leitura de livros e periódicos. Para o desenvolvimento deste projeto foi então tomado como referência o trabalho desenvolvido por Dias (2008), no qual está descrito o processo de produção de etanol em uma destilaria autônoma. A descrição do processo foi feita através de visitas técnicas realizadas a Usina da Pedra, unidade produtora de açúcar e álcool localizada no município de Serrana, SP.

Naquele estudo, foram observados os procedimentos técnicos realizados em cada etapa do processo global, com descrição de todas as entradas e saídas, considerando os resíduos gerados e os possíveis impactos ambientais em cada uma dessas etapas.

Finalmente, utilizou-se como método de Avaliação dos Impactos Ambientais, uma Matriz de Interação derivada da Matriz de Leopold para a identificação dos impactos ambientais em cada etapa do processo, as quais foram melhor visualizadas por meio da elaboração de fluxograma. Após esta etapa foi possível propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

De acordo com a matriz derivada da matriz de Leopold cada ponto é analisado através de critérios com características específicas, são elas: valor, ordem, espaço, temporal, dinâmica e plástica (Tabela 1). Destaca-se que são os mesmos critérios de qualificação dos impactos ambientais utilizados por Kaercher et al. (2012). A adoção de medidas potencializadoras ou mitigadoras podem ser planejadas após a obtenção da resultante dos impactos através da multiplicação das ações impactantes pelos fatores ambientais.

De acordo com o método, devem ser plotados na matriz, em uma dimensão, as características e condições existentes, tais como: características físicas e químicas, as relações biológicas, condições culturais e ecológicas. A outra dimensão envolve as etapas do processo que podem causar impactos ambientais considerando a modificação do ambiente natural e construído, a extração de recursos, transformação, renovação de recursos, tratamento químico e acidentes. Neste contexto foram elaboradas duas matrizes de identificação qualitativa de impactos ambientais da produção de etanol, a primeira (matriz inicial) com base no estudo do processo descrito por Dias (2008), considerando (de forma qualitativa) a modificação do ambiente natural e construído, a extração de recursos, transformação, renovação de recursos,

tratamento químico e acidentes, cujos resultados da análise servirão de base para proposição de medidas mitigadoras de impactos ambientais negativos e a segunda (matriz final) foi elaborada levando-se em consideração as medidas propostas neste estudo. Finalmente, as matrizes foram comparadas para previsão dos ganhos ambientais resultantes.

Tabela 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)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, após a análise do processo de produção do etanol serão mostrados a seguir, indicando os impactos positivos e negativos do processo. Em seguida, são descritas a

matriz inicial, as medidas propostas, a matriz final e discussão comparativa quanto aos ganhos ambientais.

3.1 Produção do etanol

As etapas descritas a seguir estão dispostas, de uma forma simplificada na Figura 01. De acordo com o processo em foco nesse estudo, a colheita da cana de açúcar pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. Na primeira é necessária a queima da cana para que os trabalhadores não se cortem com as lâminas presentes nas folhas da planta. Na colheita mecanizada, a cana deve ser previamente queimada também para um maior rendimento das colhedoras.



Figura 01 – Etapas da Produção do Etanol

A cana colhida é transportada por caminhões para a área industrial e segue para as moendas através de esteiras ou mesas. Geralmente, nessas esteiras, é realizada uma lavagem superficial da cana, para remoção de areia da cana. A extração do caldo da cana se dá através de moendas. Cada moenda possui quatro rolos: rolo de pressão, rolo de entrada, rolo de saída e rolo superior. A partir daí, há a liberação do caldo de cana cru e o bagaço, que serve de energia para as caldeiras.

O tratamento para recuperação da sacarose da cana de açúcar é essencial para uma boa fermentação. No tratamento físico, há uma remoção das partículas em suspensão (bagacilho e areia) através de peneiras e centrífugas. Após a separação dessas partículas, vem o tratamento químico do caldo que elimina compostos solúveis, insolúveis, partículas coloidais e suspensões. O caldo deve ser neutralizado (pH 7,0) através da adição de ácido fosfórico, cal e polímero floculante. O fosfato adicionado provoca uma alta taxa de sedimentação, concentra o lodo, facilitando a filtração e produz um açúcar de qualidade. O fosfato é adicionado ao caldo que, posteriormente, é aquecido a uma temperatura de 70°C. Após esse processo, é adicionado o leite de cal ao caldo, que é aquecido a 105°C. É muito importante o controle da temperatura das reações, visto que ela tem grande influência no rendimento do processo. A reação forma o sal fosfato de cálcio, que arrasta durante a decantação o material coloidal que antes estava em suspensão.

Para a remoção dos gases incondensáveis, que prejudicariam o processo de decantação, o caldo segue para um balão de *flash*. Após a remoção de todo ar, presente no caldo, a temperatura do caldo diminui para 98°C. Nessa fase da produção é adicionado o polímero floculante para a decantação. Após a filtração, o caldo é extraído. O lodo é filtrado para recuperação do açúcar. Nesse procedimento utiliza-se água. Ao filtrado é adicionado cal e essa solução é misturada ao caldo. O lodo serve como fertilizante da plantação de cana-de-açúcar.

O caldo é esterilizado através do processo HTST (*High Temperature Short Time*). Nesta etapa ele é aquecido durante 30 minutos, em uma temperatura de 130°C. Após esse tempo, o caldo é resfriado para 32°C. A fermentação alcoólica ocorre após a adição da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Este último trata-se de um micro-organismo que catalisa a reação para obtenção de dióxido de carbono e etanol a partir da glicose, a qual pode ser representada pela equação: Glicose → Etanol + CO₂.

Para facilitar a identificação dos impactos, em cada etapa do processo, foi feito um mapeamento, a partir do qual foi elaborado o fluxograma descrito na Figura 02. Após esta etapa pôde-se determinar as atividades impactantes, facilitando a identificação os impactos ambientais em cada etapa do processo produtivo. A aplicação da derivada da Matriz de Leopold se deu após a identificação daquelas etapas críticas.

Para elaboração da matriz foram consideradas também as ações ambientais já existentes no processo descrito, como por exemplo, a utilização do bagaço da cana como combustível para

as caldeiras da usina, o reaproveitamento de resíduo do açúcar da decantação e a utilização do lodo como fertilizante na plantação da cana-de-açúcar.

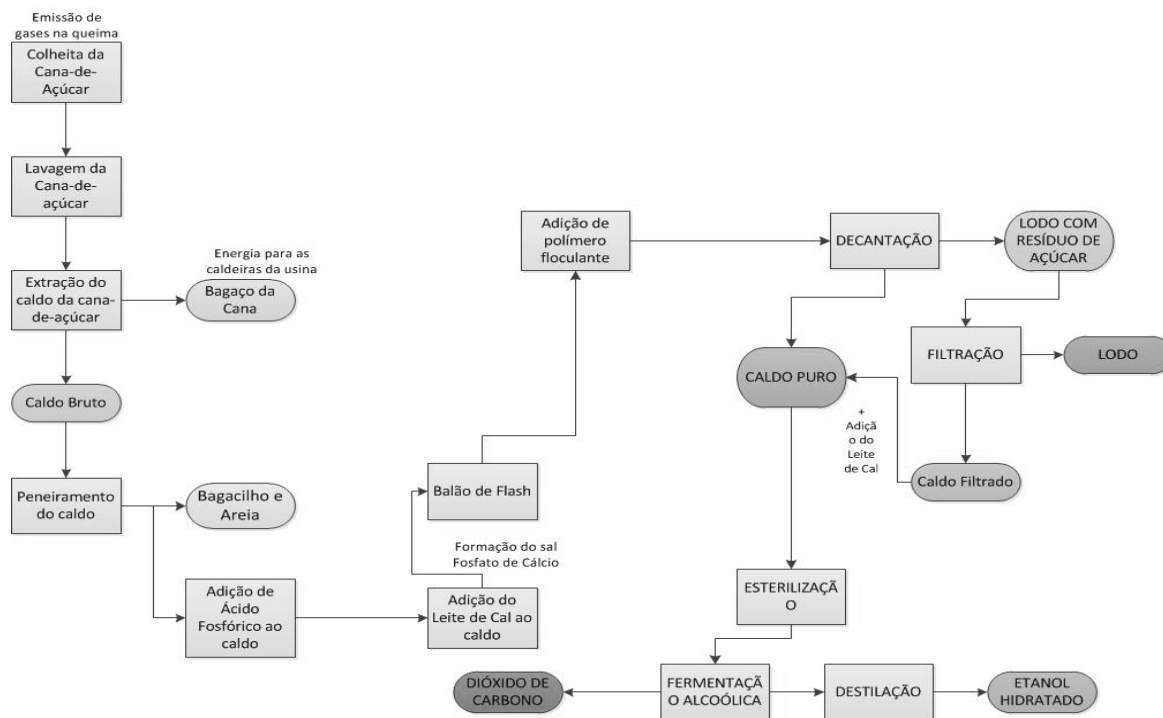


Figura 02 - Fluxograma qualitativo com entradas e saídas da produção de Etanol

As atividades impactantes resultantes de cada etapa foram analisadas permitindo a identificação das etapas críticas, as quais foram inseridas na Matriz de Leopold, conforme descrito e discutido no item 3.2.

3.2 Avaliação dos impactos ambientais da produção de etanol

Para a colheita da cana-de-açúcar, manualmente ou mecanicamente, é feita a queima, pois de acordo com Dias (2008), para a colheita manual a queima se torna necessária para evitar que os trabalhadores se cortem com as folhas da cana-de-açúcar. Do mesmo modo, para a colheita mecânica o rendimento das colhedoras é maior quando a cana está queimada, além de diminuir o arraste de terra e o desgaste de equipamentos. Sendo assim, durante a queima da cana-de-açúcar, há liberação de gases que provocam o efeito estufa. São eles o gás carbônico (CO_2), monóxido e carbono (CO), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3). Além disso, as queimadas são agentes causadores da poluição do ar atmosférico local por causa da fumaça e da fuligem, podendo causar também doenças respiratórias.

Ainda com relação aos gases liberados na queima da cana, Matsuda (2009) explica que os principais riscos à saúde a que os trabalhadores estão expostos são: inflamações e infecções crônicas respiratórias, quadros que podem evoluir e provocar até mesmo câncer. A fuligem, oriunda da queima interfere também no filme lacrimal e no tecido epitelial que recobre a superfície ocular, podendo causar danos irreversíveis à visão do trabalhador.

Dentre os impactos, pôde-se observar uso excessivo de água durante a lavagem da cana com descarte de resíduos orgânicos. O processo de lavagem é uma das etapas que utiliza maior volume de água. Essa atividade implica impactos negativos devido à utilização excessiva de recurso hídrico que posteriormente será descartado. Além disso, como cita Elia Neto (2008) em seu estudo, a água deixa o processo possuindo material com médio potencial poluidor em termos de matéria orgânica (180 a 500mg/de DBO5) e alta concentração de sólidos.

Após a moenda da cana, que solta bagacilhos da cana no ar local, e seu tratamento físico, há o processo de tratamento químico. Nessa etapa, há utilização de produtos químicos. O ácido fosfórico (H_3PO_4) é utilizado durante a neutralização do caldo, assim como o Leite de Cal ou hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$). A reação forma o sal insolúvel fosfato de cálcio ($Ca_3(PO_4)_2$). Durante o processo há formação de vapores e liberação para atmosfera.

Conforme mencionado acima, o bagaço resultante da moenda da cana é utilizado para geração de energia para as caldeiras da usina através da queima. De acordo com Coelho (2005), a queima do bagaço de cana em caldeiras para geração de calor ou co-geração de calor e eletricidade emite material particulado, que deve ser retido por filtros. Além disso, há emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), precursor de ozônio troposférico, cujo controle se dá pela *setup* adequado das caldeiras, ou seja, ajuste das variáveis operacionais das caldeiras, ou nos casos mais críticos por filtros de lavagem de gases.

O lodo formado após a adição do polímero floculante, seguido da decantação, é utilizado como adubo para a plantação de cana-de-açúcar. Há também formação de dióxido de carbono (CO_2) formado durante a fermentação alcoólica do etanol. A introdução de um novo produto químico no tratamento, como um polímero floculante sintético, sempre exige grande responsabilidade, pois, por melhor que seja o controle das operações envolvidas pode acontecer que a lavagem para separação do lodo contenha resíduos que poderão ser descartados nos corpos hídricos. Desta maneira, o emprego de polímeros naturais deve ser investigado e estimulado de forma que produtos potencialmente perigosos possam ser substituídos com vantagens, levando em conta, principalmente, o aspecto da saúde pública. Além disso, como os polímeros naturais, na maioria dos casos, são obtidos facilmente sem a utilização de processos químicos complexos, seu emprego pode resultar maior atrativo do que os polímeros sintéticos, considerando, também, o aspecto econômico. No processo de obtenção do etanol descrito por Dias (2008) foi utilizado o polímero poli(acrilamida), de elevada massa molecular, na quantidade de 2 a 3 ppm de solução de 0,1%. De acordo com Lima (2010), poli(acrilamida) é um termo utilizado para se referir aos polímeros que contêm o monômero acrilamida como principal constituinte. Geralmente, os polímeros contendo acrilamida são homopolímeros neutros, aniônicos (gerados pela hidrólise parcial dos agrupamentos amida) ou modificados quimicamente. Ela é classificada como um polímero sintético, hidrossolúvel e de cadeia flexível. É um sólido branco, higroscópico, quebradiço, contendo geralmente, 5-15 % de umidade. De acordo com a FISPQ da Poli(acrilamida) Aniônica de Alto Peso Molecular 2640 fornecida pela DIPA Química (2011), a Poli(acrilamida) é nociva à saúde quando ingerida ou através de contato ocular, podendo ainda trazer danos ao meio ambiente quando descartada indevidamente, trazendo perigo para a vida aquática, por exemplo.

De fato, destaca-se novamente, que ao longo de todo o processo, há utilização de recursos hídricos em grandes níveis. De acordo com o “Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética”, elaborado em 2009, na etapa de lavagem de cana, o uso médio de água é de 2,200 m^3 /ton cana total. Nas moendas e difusores, as etapas de embebição, resfriamento de mancais e resfriamento do óleo somam utilização média de água de 0,415 m^3 /t cana total. No tratamento químico do caldo, a utilização média de água é de 0,573 m^3 /ton cana total. O processo de fermentação, que envolve o preparo do mosto, resfriamento do caldo, resfriamento de dornas, utiliza água em uma média de 4,366 m^3 /ton cana total. Por fim, no processo de destilação, que envolve etapas de resfriamento de aquecedor (uso médio de água de 0,360 m^3 /t cana total) e resfriamento dos condensadores (uso médio de água de 3,500 m^3 /t cana total), totalizando um uso médio de água de 3,860 m^3 /ton cana total. Este levantamento quantitativo não foi explicitado no trabalho de Dias (2008).

A matriz elaborada está descrita na Tabela 02, na qual foram incluídas as atividades impactantes descritas acima, para cada etapa da produção de etanol e sua relação com o meio. Uma vez identificadas as atividades/ações impactantes, tem-se referência para proposição de medidas para minimização dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos, que consequentemente poderá nortear o processo decisório na empresa.

O estudo das etapas do processo de produção do etanol permitiu identificar 14 (quatorze) ações de impacto ou atividades impactantes, as quais estão descritas na Tabela 02. De acordo

com a matriz de interação considerando os fatores ambientais (13) tem-se 182 (cento e oitenta e dois) possíveis relações de impacto, sendo a partir destas, identificados 108 (cento e oito) impactos ambientais (Tabela 02), com grande incidência de impactos negativos ao longo do processo (72%) (Tabela 02 e Figura 03), embora a maioria daqueles impactos (65%) seja reversível (Tabela 02 e Figura 04). Ao passo que a despeito do baixo percentual (28%) de impactos positivos, apenas 20% são reversíveis e a maioria está associada à qualidade do produto final. Os demais impactos positivos constatados estão associados ao desenvolvimento econômico local, infraestrutura e desenvolvimento tecnológico.

Em relação à qualidade de vida, saúde e paisagismo, são gerados apenas impactos negativos. Quanto ao desenvolvimento regional, são gerados impactos ambientais tanto positivos como negativos na mesma proporção. Aproximadamente metade dos impactos (54%) resulta de uma simples relação de causa e efeito (impactos diretos), de modo que não são efeitos de propagação de impactos primários. Entre os impactos diretos apenas 22% são impactos positivos (Figura 04).

Tabela 02 - Matriz de identificação qualitativa dos impactos ambientais da produção de etanol

ETAPAS	ATIVIDADES IMPACTANTES	MEIO FÍSICO				MEIO BIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO							
		AR		RECUR-SO HÍDRICO	RECUR-SO 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	DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE								
COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR	QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR	NDRCSV	NDRMYV	NILMAS	NDLCAV	NILOAV	-	-	-	NIRCVY	NDROAS	-	NDLCYV	-
	COLHEITA MECANIZADA	NDRCSV	-	NILMYV	NDLOTV	-	PDRCSV	PDEMAV	PDEMAV	NIROVY	-	PIRCYV	NDLCYV	-
PREPARO DA CANA-DE-AÇÚCAR	LAVAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR	-	-	NDRCAV	-	NILOTV	PDLCYV	-	-	NILOTV	NILOTV	NILOTV	-	PDLCYV
EXTRAÇÃO DO CALDO DA CANA-DE-AÇÚCAR	MOENDA DA CANA	NDLCTV	-	NILMTV	NDLOAS	-	PDLCYV	-	PDLCYV	NDLCTV	NDLCTV	PIRCYV	NILCYV	PDLCYV
	OBTENÇÃO DO BAGAÇO DA CANA	NDLCTV	NDRCTV	NILMTV	NDLOAS	-	PDLCYV	PILCYV	PDLCYV	NDLCTV	NDLCTV	-	NIRCVY	-
TRATAMENTO FÍSICO DO CALDO	CENTRIFUGAÇÃO DO CALDO	-	-	-	-	-	PDLCYV	PILCYV	-	-	-	PIRCYV	NILCAV	PDLCYV
TRATAMENTO QUÍMICO DO CALDO	ADIÇÃO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AO CALDO E LEITE DE CAL	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCSV	-	-	NILMTV	NDLCTV	-	-	PDLCYV
	ELIMINAÇÃO DE GASES E VAPORES ATRAVÉS DO BALÃO DE FLASH	-	NDLCTV	-	-	NILOTV	-	-	PDEMAV	NDLMAS	NDLCAS	NIRCVY	NILOAV	-
DECANTAÇÃO	ADIÇÃO DE POLÍMERO FLOCULANTE SINTÉTICO	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCSV	-	-	NDLCTV	NIRCAS	NIRCVY	-	PDLCYV
FILTRAÇÃO DO LODO COM RESÍDUO DE AÇÚCAR	RECUPERAÇÃO DO AÇÚCAR	-	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	-	-	-	-	-
	ADIÇÃO DE LEITE DE CAL AO LEITE FILTRADO	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCSV	-	-	NILMTV	NDLCTV	-	-	PDLCYV
ESTERELIZAÇÃO DO CALDO PURO	AQUECIMENTO DO CALDO	-	NDLCTV	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NDLCTV	NDLCTV	-	-	PDLCYV
FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA	ADIÇÃO DE CATALISADOR	NDLOAV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCSV	-	PDLCAS	NDLCTV	NDLOTV	PIRCYV	-	PDLCYV
DESTILAÇÃO ALCÓOLICA	UTILIZAÇÃO DE ÁGUA	-	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NILMTV	NDLCTV	NIRCVY	-	PDLCYV

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

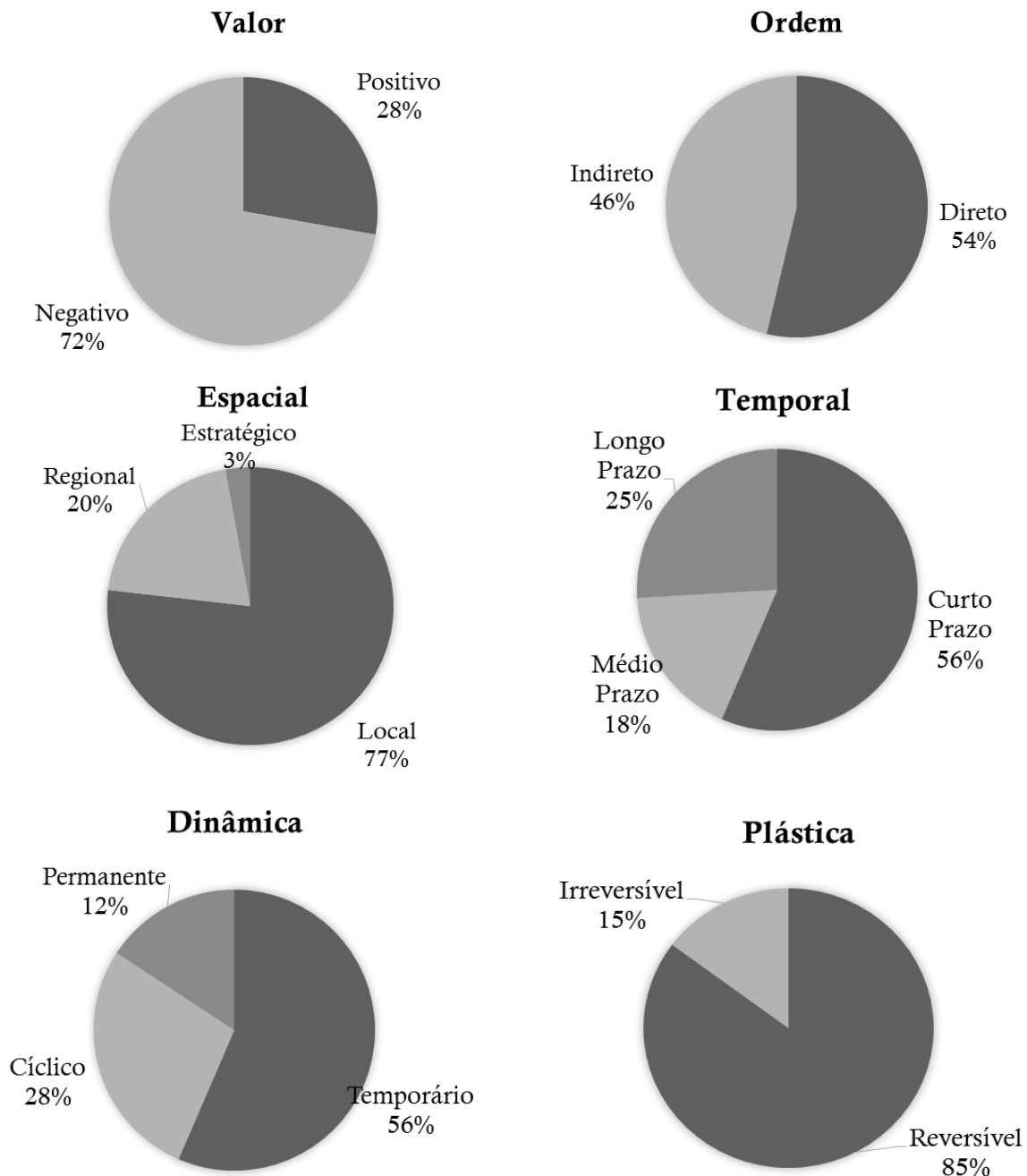


Figura 03 - Gráficos de avaliação qualitativa dos critérios utilizados

Na Figura 04 pode-se também visualizar outros resultados como o aspecto desejável ligado aos impactos positivos do processo de produção de etanol ocorrerem a curto ou médio prazo, ou seja, com maior brevidade. Entre os impactos negativos, 25% ocorre apenas a longo prazo. Isto é favorável do ponto de vista de possibilitar tempo para planejamento quanto a tratamentos ou medidas mitigatórias ou compensatórias.

Embora a maioria dos impactos negativos do processo seja de abrangência local (60%) e outros 48% apenas temporários, deve-se buscar a melhoria contínua no sentido de minimizar principalmente os impactos de abrangência estratégica ou regional e aqueles permanentes ou cíclicos, na ordem citada, dentro de cada critério avaliado.

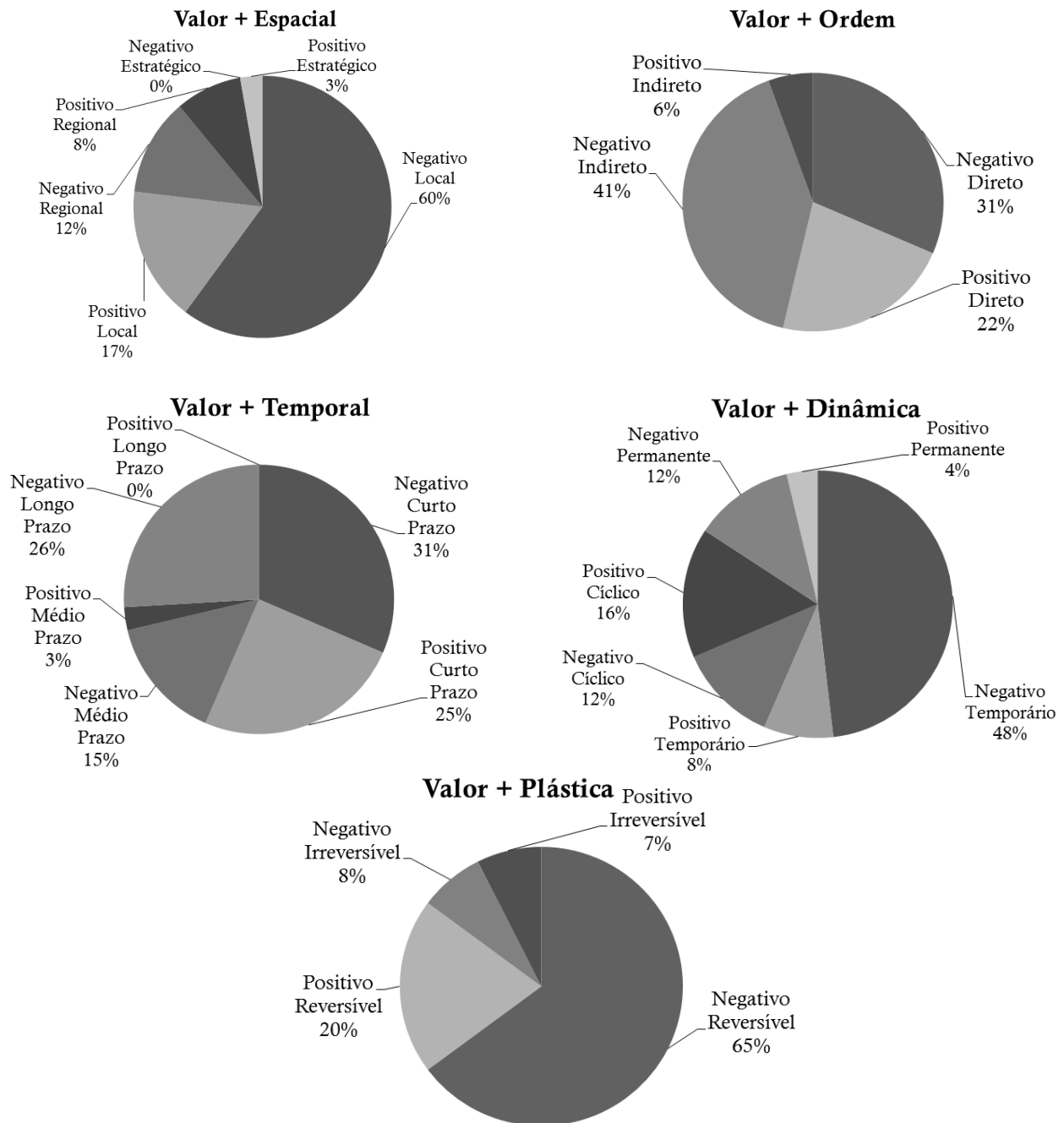


Figura 04 - Gráficos de avaliação qualitativa comparando o critério de valor com os demais critérios utilizados

Com base na análise dos resultados obtidos e pesquisa na literatura, foram sugeridas ações ou medidas para minimizar os impactos negativos ou maximizar os impactos positivos, conforme descrição resumida na Tabela 03 a seguir. Para melhor visualização dos ganhos ambientais e análise crítica, as mudanças nos impactos foram plotadas em gráficos (Figuras 05 e 06). Com estas medidas haveria redução de 108 para 87 impactos ambientais, que corresponde a uma redução global de 19,4%. Este percentual é significativo e poderá ser constatado com base nos ganhos ambientais verificados a partir da elaboração da nova matriz (Tabela 04).

Ripoli (2002) explica que o palhico, que é constituído por ponteiros, folhas verdes, palhas e frações de colmos, originados da colheita da cana-de-açúcar que não foi queimada antes de ser colhida, pode ser utilizado como fonte de energia elétrica nas usinas e destilarias da própria agroindústria.

Tabela 03: Propostas de medidas mitigadoras para algumas ações impactantes

Ações Impactantes	Medidas propostas
Queimada da cana-de-açúcar durante a colheita.	Implantação da colheita mecânica da cana <u>crua</u> , utilizando a palha para a produção de energia elétrica.
Utilização de grande volume de água durante a lavagem da cana.	Lavagem da cana a seco.
Eliminação de gases e vapores durante o tratamento químico.	Implantação de filtros de purificação nas saídas de gases e vapores das máquinas.
Contaminação e excessiva utilização de recurso hídrico nas etapas de fermentação e destilação.	Tratamento da água para reutilização contínua em fins apropriados.
Adição de polímero floculante sintético nocivo à saúde	Adição de polímero floculante natural não tóxico.

Tabela 04: Matriz de identificação qualitativa de impactos ambientais da produção de etanol com medidas mitigadoras

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
		PARTICULAS SÓLIDAS	GASES E VAPORES	CONTAMINAÇÃO	CONTAMINAÇÃO DO SOLO	DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE								
COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR	COLHEITA MECANIZADA	NDRCVS	NDRMYV	NILMAS	NDLCAV	NILOAV	-	-	-	NIRCVV	NDROAS	-	NDLCYV	-
PREPARO DA CANA-DE-AÇÚCAR	LAVAGEM À SECO DA CANA-DE-AÇÚCAR À SECO	NDECYV	-	-	-	-	PDLCYV	-	-	NILOTV	NILOTV	-	-	PDLCTS
EXTRAÇÃO DO CALDO DA CANA-DE-AÇÚCAR	MOENDA DA CANA	NDLCTV	-	NILMTV	NDLOAS	-	PDLCYV	-	PDLCVS	NDLCTV	NDLCTV	PIRCYV	NILCYV	PDLCTS
	OBTENÇÃO DO BAGAÇO DA CANA	NDLCTV	NDRCTV	NILMTV	NDLOAS	-	PDLCYV	PILCYV	PDLCVS	NDLCTV	NDLCTV	-	NIRCVV	-
TRATAMENTO FÍSICO DO CALDO	CENTRIFUGAÇÃO DO CALDO	-	-	-	-	-	PDLCYV	PILCYV	-	-	-	PIRCYV	NILCAV	PDLCTS
TRATAMENTO QUÍMICO DO CALDO	ADIÇÃO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AO CALDO E LEITE DE CAL	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCVV	-	-	NILMTV	NDLCTV	-	-	PDLCTV
	ELIMINAÇÃO DOS GASES E VAPORES ATRAVÉS DO BALÃO DE FLASH	-	-	-	-	-	-	PDEMAV	PDEMAV	-	-	-	NILOAV	-
DECANTAÇÃO	ADIÇÃO DE POLÍMERO FLOCULANTE NATURAL	NDLCTV	-	-	-	-	PDRCVV	-	-	-	-	-	-	PDLCTS
FILTRAÇÃO DO LODO COM RESÍDUO DE AÇÚCAR	RECUPERAÇÃO DO AÇÚCAR	-	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	-	-	-	-	-
	ADIÇÃO DE LEITE DE CAL AO LEITE FILTRADO	NDLCTV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCVV	-	-	NILMTV	NDLCTV	-	-	PDLCTV
ESTERELIZAÇÃO DO CALDO PURO	AQUECIMENTO DO CALDO	-	NDLCTV	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NDLCTV	NDLCTV	-	-	PDLCTV
FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA	CATALISAÇÃO	NDLOAV	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	PDRCVV	-	PDLCAS	NDLCTV	NDLOTV	PIRCYV	-	PDLCTV
DESTILAÇÃO ALCÓOLICA	UTILIZAÇÃO / REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA	-	-	NILMTV	NILOTV	NILOTV	-	-	-	NILMTV	NDLCTV	NIRCVV	-	PDLCTV

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.

Considerando que a etapa de queima da cana-de-açúcar (Tabela 03) seria eliminada com implantação da colheita mecânica da cana crua, esta ação de impacto ou atividade impactante foi eliminada da matriz dando lugar apenas à colheita mecanizada (Tabela 04). Com apenas esta medida houve redução de 05 impactos ambientais diretos e 03 indiretos. Estes dados repercutem nos ganhos ambientais previstos na Tabela 04.

A Figura 05 contém os percentuais de impactos segundo os critérios ambientais avaliados após as medidas propostas e a Figura 06 permite realizar a avaliação qualitativa comparando o critério de valor com os demais critérios utilizados, assim como foi feito para a matriz inicial. O aumento nos percentuais dos impactos ambientais diretos e locais (comparar Figuras 03 e 05), após as medidas mitigadoras está associado aos impactos positivos (comparar Figuras 04 e 06), com manutenção do percentual associado aos impactos negativos diretos (31%) e aqueles negativos locais (60%).

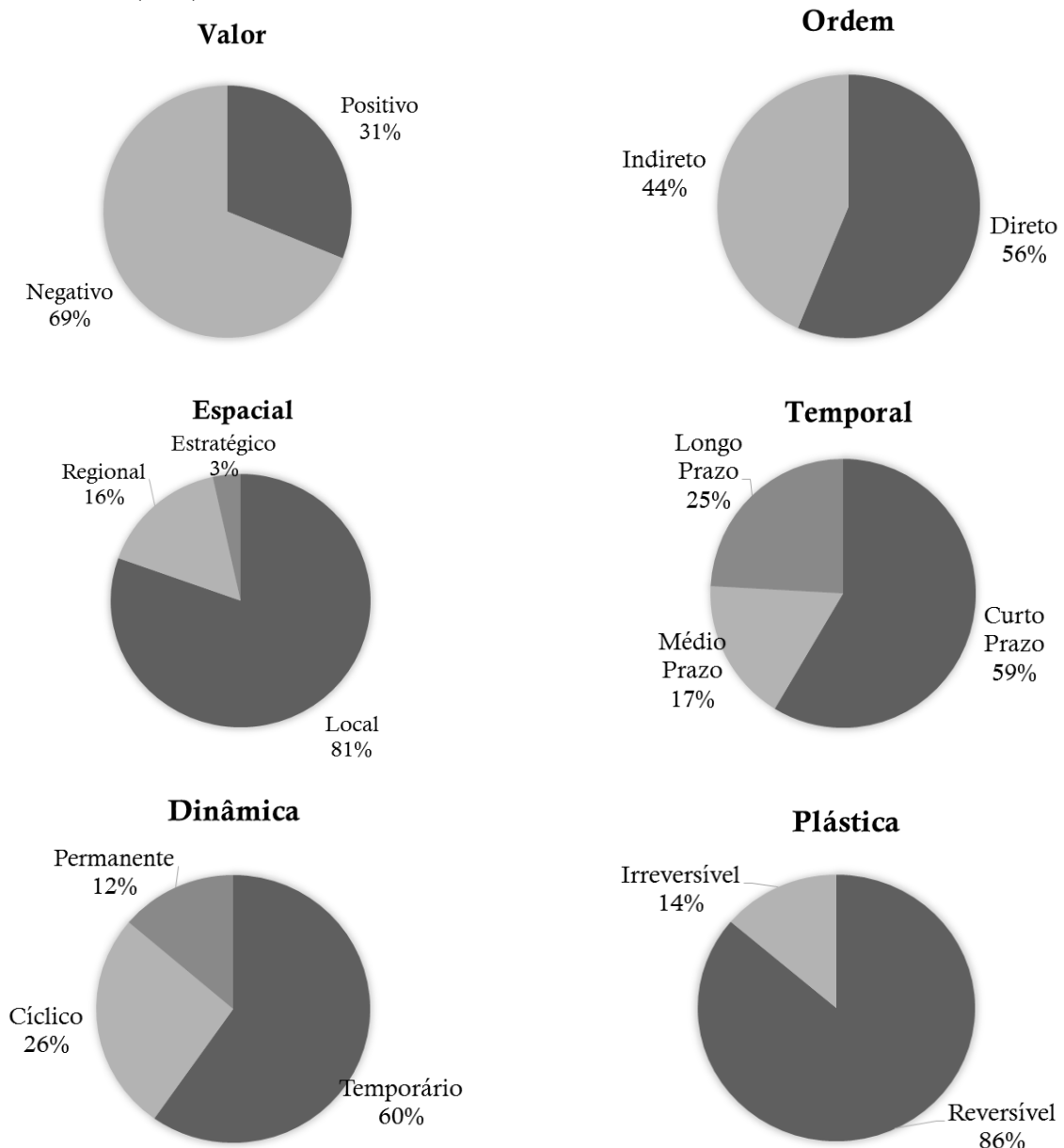


Figura 05 - Gráficos de avaliação qualitativa dos critérios utilizados após implantação das medidas mitigadoras

No caso da reutilização da água (Tabela 03) não foi possível quantificar os ganhos através do método. Neste caso seria necessário um método quantitativo complementar, uma vez que a proposta mitigadora dos impactos não está relacionada à substituição ou eliminação de atividade

ou insumo, mas apenas a redução na quantidade de água utilizada devido à prática da reutilização da mesma. Neste contexto, Carnaúba (2010) registrou em seu estudo, que algumas empresas de grande porte já estão implantando práticas de reuso da água, pois contam com condições técnicas e financeiras. Esta atuação tem direcionado muitas outras indústrias a buscarem um novo modelo para o gerenciamento da água em seus processos, considerando novas opções e soluções que impliquem na autonomia do abastecimento e racionalização.

A Implantação de filtros de purificação nas saídas de gases e vapores das máquinas reduziria os níveis de gases e vapores a padrões aceitáveis, de modo que foram também eliminados alguns dos impactos negativos oriundos desta atividade (Tabela 04 e Figura 5).

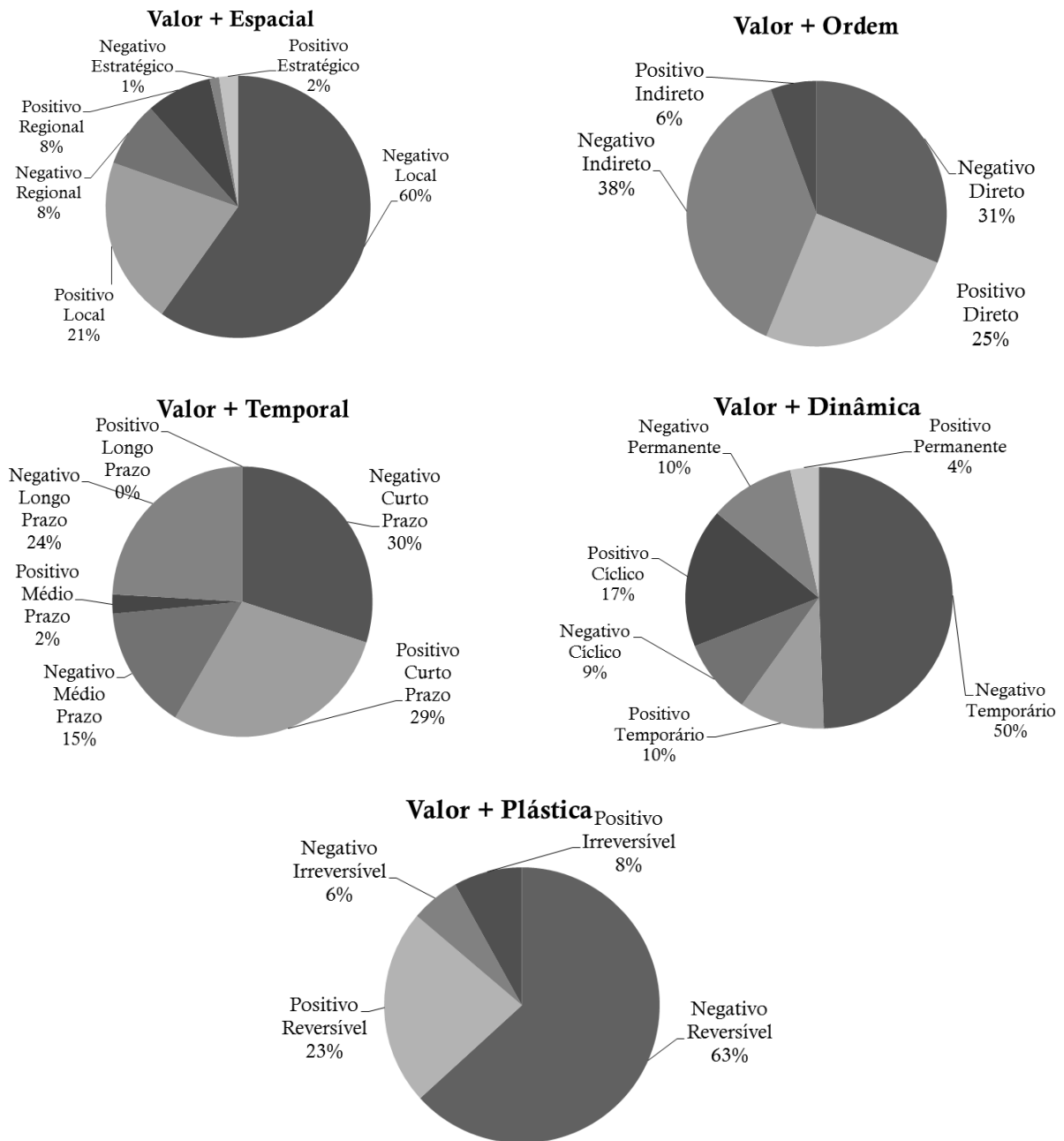


Figura 06 - Gráficos de avaliação qualitativa comparando os critérios utilizados após implantação de medidas mitigadoras

A análise da nova matriz (Tabela 04) também permite prever redução de 06 relações de impacto negativas pela substituição da Poliacrilamida Aniônica de Alto Peso Molecular por outro Polímero Floculante Aniônico biodegradável, como por exemplo, aquele FLOC POL AN

927 TS descrito na FISPQ da GTS Química, onde o mesmo possui uma classificação de “não perigoso”. Para apropriada substituição, recomenda-se que seja realizada etapa experimental de pesquisa para testes e validação.

Sendo assim, caso as medidas propostas sejam implementadas e monitoradas, haveria a eliminação das etapas de queima da cana-de-açúcar e de colheita manual, bem como a eliminação de outros impactos negativos. A análise dos dados permite concluir ainda que tem-se o ganho associado a um aumento de 3% relativo aos impactos positivos (Figura 05). Além disso, foram eliminados tanto impactos negativos reversíveis como irreversíveis e dessa forma, foi verificado que a possibilidade de reversibilidade daqueles impactos foi aumentada, o que é um ponto positivo, pois dessa forma pode-se continuamente buscar medidas para agir também na correção dos impactos negativos e não somente na prevenção, que caracteriza a empresa cuja postura é proativa, uma vez que busca prever impactos e agir antes que aconteçam.

A análise da Figura 06 também permite concluir que houve ganho com relação ao aumento de impactos ambientais negativos temporários em comparação aqueles cíclicos e permanentes, que também se refere a um aspecto positivo.

Isto posto, o estudo do processo permitiu identificar as principais ações impactantes e a elaboração da matriz permitiu a previsão dos ganhos ou perdas percentuais para previsão de rápida e prática dos ganhos ambientais resultantes de medidas mitigadoras.

4 CONCLUSÃO

Destarte, após a identificação dos impactos ambientais e propostas mitigadoras, a reanálise utilizando derivada da matriz de Leopold ratifica que o monitoramento contínuo dos impactos ambientais, em busca da melhoria contínua, permite obter redução significativa de efeitos negativos, cujos ganhos podem ser quantificados segundo critérios pré-estabelecidos.

Apesar dos ganhos ambientais oriundos da utilização de um combustível renovável, os impactos ambientais verificados no estudo são, em sua maioria, de caráter negativo. Por isso, é necessário uma avaliação contínua de qualquer processo produtivo, visando reduzir os impactos ambientais de caráter negativo e promover aqueles que são positivos. As medidas propostas neste estudo promoveram redução de 19,4% no total de impactos ambientais. Adicionalmente, entre os impactos ambientais restantes observou-se um cenário mais amigável ao meio ambiente, uma vez que o percentual de impactos ambientais positivos aumentou e também houve redução dos impactos ambientais negativos.

Sendo assim, a adoção de práticas sustentáveis na produção de etanol pode aperfeiçoar o processo e constituir um diferencial competitivo e de gestão estratégica. Sendo assim, é fundamental que a empresa domine a tecnologia da produção do etanol, aplique as medidas de controle visando melhor eficiência de produção, obtenção de lucro e conseqüentemente reduzindo os impactos ambientais.

Além de demonstrar a viabilidade prática da aplicação da ferramenta para planejamento e tomada de decisão quanto às ações ambientais para melhoria contínua do processo de produção do etanol, é objetivo deste estudo apresentar resultados para as empresas do ramo na região, as quais vêm desenvolvendo ações mitigadoras, mas desconhecem a ferramenta testada neste estudo. Diante da simplicidade, praticidade e obtenção de dados que comprovam ou não ganhos ambientais, espera-se contribuir com a gestão de empresas atuantes no ramo. Espera-se, ainda, publicar estudo de caso contendo as particularidades identificadas em empresa parceira, bem como as diferenças em relação àquela visitada por Dias (2008), foco deste estudo.

Sugere-se ainda que a matriz seja elaborada utilizando *softwares* como o Excel, que permitam inserção de fórmulas para previsão automática dos ganhos ou perdas percentuais. Neste caso, pode-se prever de forma ágil e prática os ganhos totais ou aqueles associados a cada ação mitigadora proposta. Neste sentido, medidas mitigadoras poderão ser indicadas em função do pequeno custo e vantagens competitivas ambientais, bem como outras poderão ser evitadas em função de pequenos ganhos ambientais com conseqüente alto ou inviável custo/benefício.

Apesar dos diversos benefícios citados, destaca-se que resultados quantitativos a partir de medidas que visem apenas a redução (não eliminação) na utilização de insumos, não prevenindo eliminação ou substituição da atividade impactante em pelo menos um dos meios (físico, biótico ou antrópico) necessitarão da utilização de métodos de avaliação de impactos complementares para uma adequada previsão dos ganhos ambientais, como foi o caso da utilização de filtros de purificação nas saídas de gases e vapores das máquinas. Portanto, a matriz de Leopold deverá ser mantida para diagnóstico qualitativo da empresa, não sofrendo alteração até que medidas mitigadoras prevejam a eliminação ou substituição de atividade impactante ou insumo, os quais terão efeito qualitativo no meio físico, biótico ou antrópico.

Finalmente, os resultados apontam ganhos ou redução de impactos negativos através da adoção de medidas mitigadoras com base na avaliação contínua do processo produtivo utilizando a derivada da matriz de Leopold, contudo este estudo constitui uma das ferramentas para apoio ao processo decisório, o qual deverá ser realizado também em aspectos relacionados ao custo, estratégia competitiva, legislação ambiental, entre outros.

REFERÊNCIAS

BACCARIN, J. G.; CASTILHO, R. C. **A geração de energia como opção de diversificação produtiva da agroindústria canavieira.** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4. São Paulo: 2002.

BRASIL. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola:** pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2014.

BRASIL. **Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel:** inclusão e desenvolvimento territorial. 2011. Disponível em: <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodiesel/arquivos-2011/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em 3 fev. 2014.

CAMPOS, N. L. **O agronegócio canavieiro e a produção de agrocombustíveis no Brasil:** novas fontes energéticas em desenvolvimento. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária, Uberlândia - MG, 2012.

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

CARNAÚBA, M. P. **O reuso da água no processo industrial do açúcar.** Monografia de Conclusão de Curso. São Paulo: USP, 2010.

COELHO, S. T. **A Cana e a questão Ambiental:** aspectos socioambientais da nova modalidade de energia. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/workshop/2005/cana_questao_ambiental_25112005.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2011.

DIAS, M.O.S. **Simulação do processo de produção de Etanol a partir do açúcar e do bagaço, visando à integração do processo e a maximização da produção de energia e excedentes do bagaço.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

ELIA NETO, A. **Água na Indústria da Cana-de-açúcar**. In: Workshop “Aspectos Ambientais da Cadeia do Etanol de Cana-de-Açúcar”- Projeto Programa de Pesquisas em Políticas Públicas. São Paulo: Abril, 2008.

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

KAERCHER, J. A. et al. **Optimization of biodiesel production for self-consumption: considering its environmental impacts**. Journal of Cleaner Production, 2013.

KIST, L. T ; MOUTAQI, S. E ; MACHADO, Ê. L . **Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study**. Journal of Cleaner Production, v. 17. 2009. p. 1200-1205

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

MACEDO, R. K; BEAUMORD, A. C. **A Prática da Avaliação de Impactos Ambientais**. Rio de Janeiro: KOHAN-SAAGOYEN Consultoria e Sistemas Ltda, 1997.

Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética / Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria da Cana-de-Açúcar. Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília: ANA, 2009.

MATSUDA, M. **Efeitos das emissões geradas pela queima dos canaviais sobre a superfície ocular**. Tese de Doutorado em Patologia. Faculdade de Medicina. São Paulo: USP, 2009, 128 f.

MENDES, Judas Tadeu Grassi; PADILHA JUNIOR, João Batista. **Agronegócio: Uma Abordagem Econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T.; **Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará**. Belo Horizonte: PRETEXTO, 2009. v. 10. n. 4. p. 79-98.

CONAMA. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 4 fev. 2014.

RIPOLI, Marco L. C. **Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) e do seu potencial energético**. Piracicaba: 2002.