

## AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL DA ATIVIDADE SUCROENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL: UMA ANÁLISE COM MULTICRITÉRIO

João Gilberto Mendes dos Reis\*

Oduvaldo Vendrametto\*\*

Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto\*\*\*

Sivanilza Teixeira Machado\*\*\*\*

**RESUMO:** A demanda mundial de energias consideradas limpas cresce a cada ano sendo destacada a energia elétrica e os biocombustíveis como o etanol. Todavia, embora os biocombustíveis emitam baixo teor de CO<sub>2</sub>, atualmente começa-se a discutir se realmente caracterizam uma energia limpa, em virtude dos impactos sociais, econômicos e ambientais de sua produção. O objetivo deste trabalho consiste identificar os benefícios e os impactos negativos decorrentes da produção do setor sucroenergético no Estado de Mato Grosso do Sul, avaliando os pesos na sustentabilidade econômica, social e ambiental. Dessa forma, utilizou-se a metodologia do Analytic Hierarchy Process (AHP) para tratamentos dos critérios econômicos, sociais e ambientais. Além disso, consideraram-se dados referente ao Estado de Mato Grosso do Sul, quarto maior produtor brasileiro. Os resultados sugerem que o aspecto social é o mais importante na determinação da implantação de uma usina sucroenergética no Estado, sendo também decisivo na indicação que as cadeias sucroenergéticas geram mais benefícios do que impactos negativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção de açúcar e etanol; Biocombustíveis, Energia limpa; Benefícios sociais.

---

\* Doutor em Engenharia de Produção; Docente do Programa de Pós-graduação em Agronegócio - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista (UNIP), Brasil; E-mail: [betomendesreis@msn.com](mailto:betomendesreis@msn.com)

\*\* Doutor em Engenharia de Produção; Coordenador e Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista (UNIP), Brasil.

\*\*\* Doutor em Engenharia de Produção; Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista (UNIP), Brasil.

\*\*\*\* Doutora em Engenharia de Produção, Docente do Curso de Tecnologia em Logística do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Campus Suzano, Brasil.

---

## ASSESSMENT OF ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF SUGARCANE-BASED ENERGY ACTIVITY IN MATO GROSSO DO SUL: A PLURI-CRITERION ANALYSIS

**ABSTRACT:** World demand in clean energy is on the increase, especially electricity and biofuels such as ethanol. Although biofuel emit low CO<sub>2</sub> rates, there is at present a discussion on what actually characterizes clean energy due to social, economic and environmental impacts of production. Current paper identifies the assets and negative impacts caused by the production of sugarcane-based energy in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, and evaluates economic, social and environmental sustainability. The Analytic Hierarchy Process (AHP) for economic, social and environmental treatments was employed for data on the state of Mato Grosso do Sul, ranking fourth in Brazilian production. Results suggest that the social aspect is the most relevant to determine the establishment of a sugar-based factory in the state coupled to the fact that sugar-based energy chains have more positive than negative impacts.

**KEY WORDS:** Sugar and ethanol production; Biofuels, Clear Energy; Social benefits.

### INTRODUÇÃO

O consumo de energia mundial cresce a cada ano, pressionando Estados, organizações e sociedade a reverem o seu uso no dia a dia, pelo consumo consciente, da legislação ou ações econômicas. Em 2012, segundo a Companhia *British Petroleum* (BP, 2013), o aumento do consumo mundial de energia foi de 1,8% e, entre as principais fontes de energia, o maior crescimento ocorreu com a energia considerada limpa como elétrica e os biocombustíveis, como o etanol.

As principais causas desse aumento do consumo de energia são os avanços na indústria e a variedade dos produtos em fabricação, o crescimento do uso residencial, a maior utilização de equipamentos eletrônicos, a frota mundial de veículos e as viagens, que inclui a utilização de automóveis, trens, aviões e navios. A necessidade de produção de energia, aliada à busca de um cenário ambientalmente correto, tem impulsionado o uso de fontes consideradas limpas como os biocombustíveis e a eletricidade.

Os biocombustíveis, objeto deste estudo, reduzem a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera e seu efeito sobre o aquecimento global, mas efetivamente há dúvidas se melhoram os três aspectos da sustentabilidade igualmente que são ambiental, social e econômico (AZADI et al., 2012). Existe um consenso de que os biocombustíveis poluem menos, mas os efeitos de degradação do solo, como ocorre no plantio de cana-de-açúcar, e os incentivos econômicos que os Estados precisam dar para beneficiar a produção põem em cheque a sustentabilidade do processo, quando se consideram os três pilares em conjunto.

Assim, analisando a produção de biocombustível, nota-se que nenhum processo de produção consegue se estabelecer como 100% limpo e sem nenhum impacto ambiental, social e econômico. Entretanto, é preciso usar ferramentas objetivas que permitam avaliar a decisão de se investir no setor de bioenergias e quantificar os benefícios e os aspectos negativos desse processo.

Uma maneira de se avaliar objetivamente o balanceamento desses três aspectos da sustentabilidade vem a ser o uso da análise de decisão multicritério, que pode ser utilizada como uma ferramenta quantitativa para medir se os impactos negativos da produção de açúcar e bioenergia são compensados pelos benefícios gerados (MARTINELLI et al., 2012).

Desse modo, o objetivo deste trabalho consistiu em estabelecer um modelo de análise multicritério para avaliar os benefícios e os impactos negativos decorrentes da produção do setor sucroenergético no Estado de Mato Grosso do Sul, avaliando os pesos na sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Para esse fim, utiliza-se da metodologia do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvida por Saaty (1980), que por meio de comparações paritárias, permite avaliar um cenário utilizando-se de multicritérios. O processamento dos dados foi feito com o uso do software Expert Choice® v.11 e para análise do cenário utilizou-se o setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, tendo como ponto de decisão de análise os *stakeholders* envolvidos com esses impactos negativos e benefícios do processo: governo e a comunidade local.

## 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O etanol corresponde a 82% da produção mundial de biocombustíveis (CONNECTAS, 2014) e pode ser produzido a partir do milho, da cana-de-açúcar e da beterraba. Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos (USDE, 2015), em 2014 a produção mundial de etanol foi de 93 bilhões de litros, sendo os Estados Unidos o principal produtor de etanol, utilizando como matéria-prima o milho, seguido pelo Brasil, utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar.

O fato de usar produtos alimentícios e áreas agriculturáveis para a produção de biocombustíveis tem gerado discussões acerca da falta e preço dos alimentos. Casos como o do etanol à base de milho produzido pelos EUA diminuem a quantidade do produto direcionado à alimentação humana e animal, afetando cadeias concorrentes que dependem desses recursos, como a avicultura e a suinocultura. Ao mesmo tempo, discute-se que a cana-de-açúcar também reduz a área de cultivo, comprometendo a segurança alimentar.

Esse tipo de discussão é altamente controverso. No caso do Brasil, por exemplo, segundo Nogueira e Capaz (2013), dos 61 milhões de hectares utilizados para plantio de culturas temporárias, a cana-de-açúcar ocupou 16% do total ficando atrás apenas da soja e do milho, com 39% e 22% respectivamente. Ferreira Filho e Horridge (2014) afirmam que o Brasil tem um estoque de terras que pode ser convertido em área agricultável para compensar o avanço das lavouras de cana-de-açúcar. Os autores, além de estudarem esse cenário no Brasil, apresentam uma metodologia para lidar com o que definem como *Indirect Land Use Change* (ILUC), para avaliar os impactos desse aumento da área cultivável.

Além dos problemas relacionados à fonte de alimentos, condições de trabalho e ambientais como a produção de CO<sub>2</sub> liberadas pela queima dos resíduos e a produção da vinhaça, começa-se a levantar questionamentos quanto à sustentabilidade do processo de produção dos biocombustíveis (MARTINELLI et al., 2011; AZADI et al., 2012; CONNECTAS, 2014). Diante desse cenário, estudos que possam avaliar os impactos negativos e positivos da produção de etanol podem contribuir para uma discussão mais profunda sobre a produção das energias consideradas limpas.

### 1.1.1 Etanol e o setor sucroenergético brasileiro

O etanol foi introduzido no Brasil em 1931, porém apenas em 1975 foi utilizado como combustível alternativo a gasolina (NOGUEIRA; CAPAZ, 2013). Após a ascensão dessa tecnologia durante os anos de 1970 e 1980, problemas com o sistema de queima do combustível e da capacidade de abastecimento levaram ao declínio do uso do combustível.

Os veículos brasileiros, nesse período, não possuíam sistemas eletrônicos de controle, como injeção eletrônica, usando sistemas exclusivamente carburados, que tinham dificuldade de realizar a partida dos veículos movidos a álcool, principalmente nos dias mais frios. O ponto de fulgor da gasolina é de 45°C, enquanto o do etanol é de 95°C, o que exige maior temperatura do motor para manter a autoignição (IÇÖZ et al., 2009).

Nos anos de 1990, o etanol foi produzido apenas para abastecer os carros antigos movidos a esse tipo de combustível, sendo que as montadoras reduziram substancialmente sua produção. Posteriormente, o governo brasileiro estabeleceu por lei a obrigatoriedade da mistura do etanol à gasolina na proporção de 20 a 25%, que vigora até hoje.

A adoção de novas tecnologias nos carros utilizados no Brasil, principalmente após a abertura do mercado nacional e o surgimento dos veículos flexíveis a partir de 2003, fez com que essa cadeia retomasse a produção em massa do combustível a partir da cana-de-açúcar (PACINI; SILVEIRA, 2011; FREITAS; KANEKO, 2011; NOGUEIRA; CAPAZ, 2013). O cenário favorável do etanol aliado aos preços internacionais do açúcar condicionou a expansão da produção de cana por vários locais do país. A produção de cana-de-açúcar brasileira, segundo o Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA, 2012; MAPA, 2014), evoluiu de pouco mais de 15 mil toneladas na safra de 1948/49 para mais de 659 mil toneladas na safra 2013/14.

De acordo com a União da Indústria de Cana-De-Açúcar (UNICA, 2012), o setor de sucroenergia no Brasil conta com, aproximadamente, 430 unidades produtoras e PIB setorial de 48 bilhões de dólares. A cadeia produtiva é composta por várias etapas e subprodutos, Figura 1.

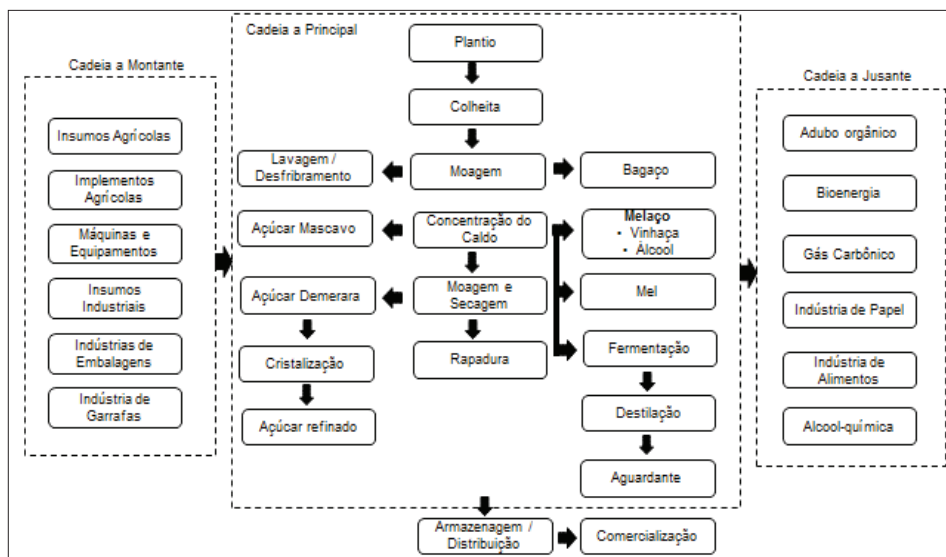


Figura 1. Cadeia produtiva do setor sucroenergético.

Fonte: Adaptado de Sebrae (2008)

A cadeia do setor sucroenergético gera diversos subprodutos resultantes do processo produtivo, dentre eles o etanol anidro, etanol hidratado, açúcar e a eletricidade. Enquanto, o etanol e o açúcar são produtos concorrentes, ou seja, o aumento da produção do primeiro reduz a produção do segundo, a eletricidade é gerada a partir do bagaçço da cana-de-açúcar.

Atualmente, a produção de etanol e do açúcar é medida pelo índice de ATR, que corresponde aos açúcares totais recuperáveis, que servem como referência para a produção de etanol hidratado ou anidro e do açúcar (MAPA, 2012), bem como para determinação do preço pago ao produtor. A produção brasileira de etanol na safra 2013/14 foi de aproximadamente 28 milhões de m<sup>3</sup> e a produção de açúcar foi 37,8 milhões de toneladas no mesmo período (MAPA, 2012; MAPA, 2014).

O aumento substancial dos tipos de produtos demonstra o porquê do avanço da cultura de cana-de-açúcar em diversas regiões do país. Outro subproduto gerado pelas usinas é a produção de energia elétrica a partir da biomassa, que foi o motivador para mudança do nome do setor sucroalcooleiro para setor sucroenergético. Serve, em sua maior parte, para alimentar a necessidade de energia das próprias usinas; o restante é vendido para uso na rede elétrica. Por lei,

desde 2004, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2013) é obrigatória a venda de energia via leilão controlado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Nos anos de 2010 e 2011, as usinas não conseguiram entregar a energia comercializada por eles no leilão, como pode ser visualizado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comercialização de energia elétrica pelas usinas de cana-de-açúcar, em MWh

| Energia    | 2009      | 2010      | 2011      |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Contratada | 1.471.680 | 5.343.600 | 7.114.872 |
| Verificada | 2.203.000 | 4.259.310 | 4.923.388 |

Fonte: Adaptado de EPE (2013)

Esse setor tem sido considerado estratégico para o Brasil e apresenta uma alternativa de crescimento nos próximos anos, com a produção dos diversos tipos de subprodutos, o que gera a necessidade de se estudar a verdadeira extensão dos impactos da sua cadeia produtiva.

### 1.1.2 O Estado de Mato Grosso do Sul

O Estado de Mato Grosso do Sul (MS) está localizado no Centro-Oeste brasileiro. Sua população no censo de 2010 é de 2,449 milhões de habitantes numa área pouco maior que 357 mil km<sup>2</sup>. Tem no agronegócio a principal fonte de sustento, embora tenha se diversificado nos últimos anos. Produz soja, milho, algodão, além da produção animal de aves, suínos e bovinos (IBGE, 2014).

Reconhecido pela sua biodiversidade e dono de uma das reservas naturais mais importantes do país, conhecida como Pantanal, tem substituído culturas de produção de soja e de bovinos em razão do plantio de cana-de-açúcar para alimentar as usinas que estão se instalando na região. Pereira et al. (2007) afirmam que na região Centro-Oeste, especialmente no Estado do Mato Grosso do Sul, houve uma busca recente pela diversificação da produção favorecendo, assim, o cultivo da cana-de-açúcar.

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015) para a safra 2015/2016, a área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil foi estimada

em 9,07 milhões hectares, sendo MS responsável por 7,5%, ficando atrás de São Paulo (51,7%), Goiás (9,8%) e Minas Gerais (8,9%).

O Estado de Mato Grosso do Sul conta com 24 usinas de produção de açúcar e álcool, distribuídas em 22 municípios, favorecidas pela criação de órgãos diversos, como a Câmara Setorial do Açúcar e Álcool e a adoção de incentivos fiscais de 67% no ICMS até 2018 (DOMINGUES, 2010; BIOSUL, 2015).

Desse modo, o avanço da cultura de cana-de-açúcar no Estado e as características ambientais encontradas na região tornaram MS um importante objeto de estudo para avaliar os benefícios e os impactos da produção do setor sucroenergético.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 BASE DE DADOS

Para condução da pesquisa proposta, iniciou-se o trabalho coletando dados secundários que permitissem estudar o setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso do Sul. Assim, utilizou-se das diversas bases de dados e os respectivos documentos, conforme Quadro 1.

**Quadro 1.** Bases de dados da pesquisa

(continua)

| Base   | Documentos   |
|--|--|
| Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)                | Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar                       |
| União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica)               | Publicações cana-de-açúcar União da indústria de cana-de-açúcar          |
| União dos Produtores de Bioenergia (UDOP)                  | Relação das unidades de açúcar, etanol e biodiesel de Mato Grosso do Sul |
| Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) | Anuário Estatístico da Agroenergia 2012 e 2014                           |



(conclusão)

| Base  | Documentos  |
|---|---|
| Serviço Brasileiro de Apoio a Pequenas Empresas (Sebrae)  | Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira         |
| Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo de Mato Grosso do Sul (Seprotur) | Desempenho do comércio exterior de Mato Grosso do Sul |
| Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul   | Bioenergia  |

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisado os dados, procurou-se estabelecer o cenário da produção de cana-de-açúcar no Estado. Realizada a análise documental, o segundo passo dessa pesquisa foi identificar as principais influências da implementação das usinas do ponto de vista regional; para isso foram visitas três usinas nas microrregiões produtoras do Estado, na região da Grande Dourados, Vale do Ivinhema e rio Brilhante e entrevistados os gerentes industriais.

## 2.2 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

O *Analytic Hierarquy Process* foi desenvolvido nos anos 1970 por Thomas L. Saaty e é um sistema de decisão multicritério que pode ser considerado como uma efetiva ferramenta quantitativa que auxilia a priorizar problemas e variáveis, baseado em critérios e alternativas relevantes (SURESHCHANDAR; LEISTEN, 2006). A vantagem do uso da AHP é a habilidade da ferramenta de considerar opiniões subjetivas dos tomadores de decisão e combiná-las com outras metodologias objetivas (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012).

Diversos estudos e aplicações do AHP como um sistema de decisão multicritério têm sido realizados pela academia, dos quais se podem citar alguns trabalhos atuais, como os de Saaty e Shang (2011), Yunus et al. (2013), Gironimo (2013), Deng et al. (2014), Pedrycz e Song (2014). Essa metodologia usa um sistema de comparação paritária baseado em *rankings* para comparar critérios num cenário em que a tomada de decisão é influenciada por diversas variáveis. Esse *ranking* pode ser visto no Quadro 2.

**Quadro 2.** Pesos da comparação paritária

| Escala     | Significado              |
|------------|--------------------------|
| 1          | Igual Importância        |
| 3          | Importância moderada     |
| 5          | Grande importância       |
| 7          | Importância muito grande |
| 9          | Extrema importância      |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários   |

Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

O primeiro passo da metodologia consiste de uma árvore de valor, na qual se incluem o objetivo para qual se pretende alcançar uma resposta, os critérios e subcritérios que pesam sobre o cenário e as alternativas decorrentes dessa análise. Esse cenário é comparado utilizando uma matriz *a*, segundo Aragones-Beltrán et al. (2013).

$$a = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

em que:

$$a_{ji} = 1/a_{ij} \text{ e } i, j = 1, \dots, n.$$

Os pesos atribuídos são julgados pela taxa de inconsistência, que não pode ser maior que 0,1. Ocorrendo inconsistência, necessita-se realizar novo julgamento até que este se torne consistente e permita que o resultado final possa ser coerente com o cenário estudado (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012). Para esse trabalho foi criada a seguinte árvore de valores do problema estudado, Figura 2.

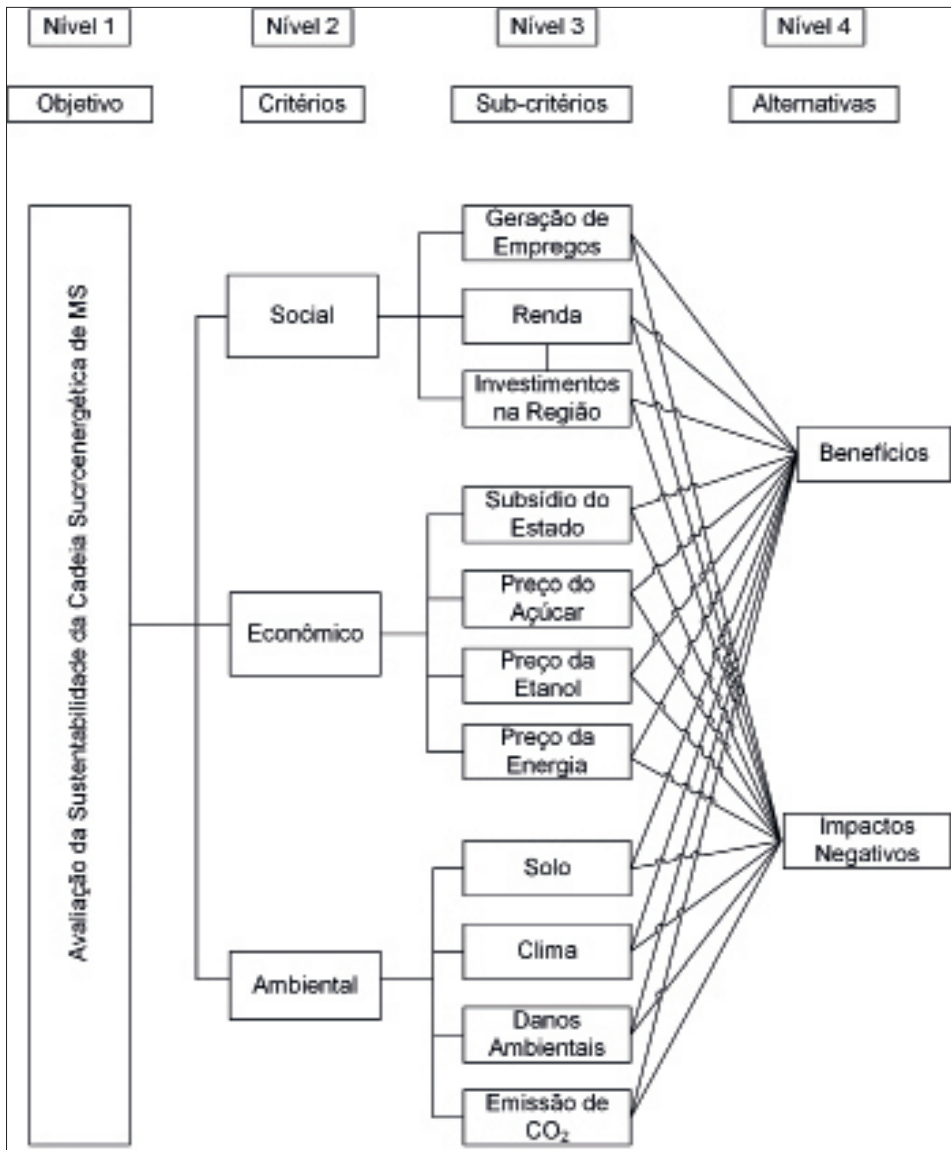


Figura 2. Árvore de decisão AHP

Os critérios escolhidos para comparação paritária tiveram como base as informações relatadas na literatura sobre a importância desses indicadores na medição dos parâmetros econômico, social e ambiental, sendo adaptados para

realidade da produção sucroenergética.

A metodologia AHP exige que cada objetivo, critério, sub-critério e alternativas sejam comparados em pares seguindo a escala apresentada na Tabela 3. Assim para decidir os valores de comparação baseou-se nos dados coletados e nas informações coletadas nas visitas nas regiões produtoras e usinas de Mato Grosso do Sul.

Os pesos das comparações paritárias, respeitando a escala de Saaty (1980), foram estabelecidos pelos pesquisadores, com base na pesquisa realizada e conforme método de análise proposto pelo AHP. Estes pesos foram inseridos e processados no *software* especialista *Expert Choice*® versão 11. Os resultados obtidos são tratados na próxima sessão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão são apresentados os resultados da aplicação da AHP utilizando o *software* especialista *Expert Choice*® versão 11. Após as comparações paritárias entre os quesitos apresentados na Figura 2, utilizando para o julgamento os dados coletados durante a pesquisa obteve-se um cenário geral que pode ser visualizado no Quadro 3.

**Quadro 3.** Resultado geral comparando critério e alternativa

| <b>Crítérios</b> | <b>Peso</b> | <b>Alternativa</b> | <b>Peso</b> |
|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| Social           | 0,594       | Benefícios         | 0,599       |
| Econômico        | 0,249       | Impactos           | 0,401       |
| Ambiental        | 0,157       |                    |             |

Fonte: Elaborado pelos autores

O Quadro 3 é uma adaptação do resultado gráfico apresentado pelo *software*. Optou-se por adotar o formato de tabela ao invés de figura, pois essa facilita a interpretação dos resultados e fornece maior clareza para o entendimento do estudo. Os valores apresentados para os critérios e para as alternativas somam 1 ou 100%.

Os resultados indicam que o critério social tem a maior influência na decisão de adotar políticas para implantação e funcionamento de usinas sucroenergéticas no Estado de Mato Grosso do Sul, seguido do econômico e do ambiental. Portanto, diante desses pesos a análise multicritério apresenta que a cadeia sucroenergética apresenta mais benefícios do que impactos negativos. Esse resultado é justificado quando se observa o crescimento das usinas no Estado. A Tabela 2 apresenta os resultados de forma detalhada considerando as alternativas para cada subcritério.

**Tabela 2.** Resultado geral critério, subcritério e alternativa

| Critério          | Subcritério                        | Alternativas       |            |
|-------------------|------------------------------------|--------------------|------------|
|                   |                                    | Impactos negativos | Benefícios |
| Social (0.594)    | Geração de empregos (0,429)        | 0,167              | 0,833      |
|                   | Renda (0,429)                      | 0,167              | 0,833      |
|                   | Investimentos na região (0,143)    | 0,167              | 0,833      |
|                   | Geral <sup>(1)</sup>               | 0,167              | 0,833      |
| Econômico (0.249) | Subsídios do Estado (0,094)        | 0,500              | 0,500      |
|                   | Preço do etanol (0,165)            | 0,833              | 0,167      |
|                   | Preço do açúcar (0,433)            | 0,833              | 0,167      |
|                   | Preço da energia (0,308)           | 0,833              | 0,167      |
|                   | Geral <sup>(1)</sup>               | 0,802              | 0,198      |
| Ambiental (0.157) | Solo(0,383)                        | 0,833              | 0,167      |
|                   | Clima (0,135)                      | 0,833              | 0,167      |
|                   | Danos ambientais (0,307)           | 0,750              | 0,250      |
|                   | Emissão de CO <sub>2</sub> (0,175) | 0,250              | 0,750      |
|                   | Geral <sup>(1)</sup>               | 0,706              | 0,294      |

<sup>(1)</sup> Resultado geral por critério

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que no critério social os benefícios são maiores que os impactos negativos, o que é invertido na questão econômica e ambiental. Para este trabalho tratou-se todas as vantagens decorrentes

do processo como benefícios e todas as desvantagens decorrentes como impactos. A seguir os resultados são analisados e discutidos para cada critério.

### 3.1 SOCIAL

A questão social (0,594) é mais importante na decisão de se investir em um determinado setor para os governos. Na análise da sustentabilidade do processo produtivo do setor sucroenergético de Mato Grosso do Sul, percebe-se o grande número de benefícios sociais relacionados à cultura da cana, como a geração de empregos e renda para a população.

Os dois subcritérios mais importantes, segundo a avaliação, foram a geração de empregos (0,429) e a renda (0,429), que afetam diretamente a comunidade envolvida. O impacto dos investimentos teve avaliação menor, pois afeta a comunidade de maneira indireta, o que dificulta às pessoas entender os seus benefícios. Da mesma forma, quando se aumenta o número de empregos ocorre aumento da renda no município.

Assim, de acordo com o critério social, as indústrias sucroenergéticas trazem muito mais benefícios do que impactos. Isso pode ser evidenciado em estatísticas como do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Econômicos (DIEESE, 2007), que afirmam que o setor emprega diretamente e indiretamente 4,5 milhões de trabalhadores. A Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2012) afirma que o setor gerou em 2011 1,12 milhões de empregos formais, considerando a cadeia produtiva do cultivo da cana-de-açúcar à geração dos produtos finais, sendo responsável por 1,93% dos postos de trabalho formais contabilizados no país, significando que a cada 50 trabalhadores formais um é empregado por este setor.

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo de Mato Grosso do Sul (SEPROTUR, 2010), no Estado foram gerados pelo setor mais de 40 mil postos de trabalho, nas principais usinas em operação e mais de 34 mil empregos serão gerados em usinas em implantação.

### 3.2 ECONÔMICA

Quando se analisa a questão econômica (0,249), a produção do setor sucroenergético traz mais impactos negativos (0,802) do que benefícios (0,198), uma vez que exige a necessidade de subsídios para sua instalação no Estado.

O subcritério mais importante na questão econômica é o preço do açúcar (0,433). Este produto é de suma importância para o brasileiro, pois a maioria das pessoas o consome independentemente da classe social e condição financeira. É um produto considerado da cesta básica estabelecida pelo governo. O preço do açúcar no Estado é alto: o preço médio de um kg de açúcar em 2014 foi de R\$ 2,70 no Estado, contra menos de R\$ 2,00 em São Paulo, por exemplo (PROCON, 2014). Isto demonstra que as usinas não têm promovido a redução do preço do produto no MS.

A quantidade de usinas na região também não fez com que o preço do etanol (0,165) caísse para o consumidor. O etanol não é competitivo no Estado, sendo a gasolina o principal tipo de combustível. Os preços médios do etanol variam dos R\$ 2,00 na capital Campo Grande a R\$ 2,50 em Nova Alvorada do Sul, a menos de 100 km de distância. Isto não é uma regra já que em regiões como Bonito, a 200 km da Capital, tem preço médio de R\$ 2,15 e, na região de Dourados, segundo maior município do Estado, a 220 km este valor é de R\$ 2,30. O preço da gasolina encontra-se variando entre R\$ 3,00 na capital a R\$ 3,35 em Dourados, e no centro das regiões produtoras de cana no Estado. Os preços em referência foram evidenciados em *loco* durante o período da pesquisa. Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2015), os preços médios da gasolina, em outubro de 2015, variam de R\$ 3,30 em Campo Grande a 3,68 em Três Lagoas, divisa com o Estado de São Paulo, enquanto o etanol varia de R\$ 2,35 em Campo Grande a 2,75 em Corumbá, divisa com a Bolívia. As cidades em referência nesse estudo encontram-se entre esses valores. Um dos principais fatores para o encarecimento do etanol no Estado se deve à necessidade do transporte até São Paulo, no qual recebe os aditivos e retorna, havendo cobrança dos impostos correspondentes.

Um dos benefícios alardeados pela indústria da cana é o uso do bagaço para geração de energia. No Estado de Mato Grosso do Sul, a produção de bioeletricidade, praticamente dobrou do ano de 2011 em relação a 2010, passando de 638 GWh para 1.100 GWh (REIS et al., 2013).

Porém, quando se analisa em detalhes a situação do Estado, isso não é refletido no preço da tarifa, pois o seu uso é limitado ainda e existem os contratos de concessão que devem ser cumpridos. Na prática, a energia elétrica também se encontra em uma das maiores tarifas do país. Para efeito de comparação enquanto São Paulo tem uma tarifa de 0,23844 centavos de real, a concessionária de energia de MS cobra R\$ 0,32648, o que corresponde a um valor 73% maior (ANEEL, 2014). Assim, na questão econômica os impactos são muito maiores do que os benefícios que podem ser gerados.

### 3.3 AMBIENTAL

Na questão ambiental, os impactos negativos (0,706) também são maiores que os benefícios (0,294), pois embora possa haver a redução do volume de CO<sub>2</sub> dos veículos, paradoxalmente o etanol ainda usa muito combustível fóssil gerador de CO<sub>2</sub> no seu processo produtivo em atividades como colheita, transporte e processamento. Os danos ao solo são grandes devido à cultura agressiva da cana-de-açúcar e o uso de fertilizantes e inseticidas.

O solo (0,383) é o principal prejudicado na questão ambiental. Segundo o Mapa (2012), a cultura da cana pode ser realizada por cinco anos e cinco cortes, produzindo em média 85 toneladas por hectare, sendo que cada tonelada de cana permite produzir 138 kg de açúcar ou 82 litros de etanol por tonelada. A produção de cana-de-açúcar é uma monocultura e empobrece o solo, reduzindo a biodiversidade. Isso, aliado ao uso de produtos químicos como pesticidas, herbicidas, fungicidas que contaminam o solo e a água (DOMINGUES, 2010).

Langowski (2007) apresenta um importante estudo sobre os impactos ambientais da cultura da cana que traz danos para o meio ambiente. Os danos ambientais são gerados em muito pelo volume de vinhaça (18 litros para cada litro de etanol), resíduo que embora possa ser utilizado pela fertirrigação, é descartado em grandes quantidades envenenando indiscriminadamente o solo e os lençóis de água. A vinhaça, também conhecida como vinhoto ou restilo, apresenta alto poder poluente. É 100 vezes mais poluente que o esgoto doméstico e alguns estudos comprovam sua influência repetitiva no solo e efluentes (SILVA et al., 2006).



Outro problema ambiental é gerado pela queima do bagaço da cana que gera energia elétrica. Fernandes e Miguel (2011) apontam como o principal impacto da produção da energia elétrica a partir do bagaço da cana a emissão de dióxido de carbono que contribui para o aquecimento global por meio do efeito estufa. Entretanto, os autores acreditam que essa emissão é menor do que as causadas por termoelétricas a gás tradicional.

Maconato e Santini (2008) veem no bagaço da cana uma excelente biomassa para produção de energia e com grau de poluição menor de que outros materiais utilizados. Assim, as usinas estabelecem que a queima do bagaço elimina os problemas ocasionados pelos resíduos.

Entretanto, Langowski (2007) apresenta dados os quais tanto nas queimadas da colheita quanto na geração de energia existem grandes impactos. Um dado interessante apresentado pelo pesquisador indica que o CO<sub>2</sub> absorvido pelo canavial no período de 12 a 18 meses corresponde ao que ele emite em uma queimada de 30 a 60 minutos.

Em termos gerais, o cenário nos três pilares da sustentabilidade (social, econômico e ambiental) permite inferir que, embora haja grandes impactos na produção do setor sucroenergético para o Estado de MS, a sua implementação é justificada pelos benefícios sociais o que contam do ponto de vista governamental e dos habitantes do Estado.

#### 4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou identificar os benefícios e os impactos negativos decorrentes da produção do setor sucroenergético no Estado de Mato Grosso do Sul, avaliando os pesos na sustentabilidade econômica, social e ambiental da cadeia produtiva. Para isso utilizou-se um modelo de decisão multicritério aplicando o *Analytic Hierarchy Process*.

Pelos resultados é possível inferir que o aspecto social considerando as variáveis selecionadas tem sido o critério mais importante na decisão do Estado de Mato Grosso do Sul para a implantação das usinas no Estado, pois afeta diretamente

o desenvolvimento das comunidades envolvidas. Todavia, não se pode excluir os impactos negativos da produção que influenciam o meio ambiente.

O critério social se apresentou com o ponto de vista mais importante na decisão de investimento do setor, pois trouxe ganhos à população do Estado, como emprego, renda e melhoria da condição local. Outros locais ou agentes podem ter pontos de vista divergentes, como os ambientalistas. Entretanto, o estudo realizado em MS indicou que o desenvolvimento regional é uma das condições mais importantes em qualquer atividade a ser realizada na região.

A pesquisa apresentou também que economicamente são gerados mais impactos negativos do que benefícios para o Estado. O mesmo aconteceu com o critério ambiental. Entretanto, é possível inferir que nos últimos anos os governos brasileiros têm adotado políticas sociais como prioridade e isso leva ao aumento dessas usinas e do tipo de produção. Além disso, o crescimento da demanda de energia e alimento leva ao surgimento e ampliação das usinas não só em MS como pelo Brasil.

Como estudos futuros sugere-se ampliar a análise para outros Estados brasileiros ou desenvolver uma perspectiva nacional envolvendo todos os Estados em outras variáveis dos produtores de etanol. Também se sugerem estudos que possam analisar os efeitos no futuro da política adotada atualmente de se beneficiar a produção de etanol, açúcar e energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL, 2014. **Tarifas residenciais vigentes**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. ANP. **Sistema de levantamento de preços**, 2015. Disponível em: < [http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Por\\_Estado\\_Index.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Index.asp)>. Acesso em: 30 out. 2015

ARAGONÉS-BELTRÁN, P.; CHAPARRO-GONZÁLEZ, F.; FERRANDO J.P.P.; PLA-RUBIO, A. An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects. **Energy**, v.30, p. 1-17, 2013.

ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE BIOENERGIA DE MATO GROSSO DO SUL. BIOSUL. **Bioenergia**. Disponível em: <<http://www.biosulms.com.br/bioenergia>>. Acesso em: 24 set. 2015.

AZADI, H.; JONG, S.; DERUDDER, B.; MAEYER, P.; WITLOX, F. Bitter sweet: how sustainable is bio-ethanol production in Brazil? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 3599-3603. 2012.

BRITISH PETROLEUM. BP. **BP Statistical Review of World Energy June 2013**. London: BP, 2013. 48p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira 2015/2016: cana-de-açúcar primeiro levantamento**. 2015. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_04\\_13\\_08\\_49\\_33\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_1o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em 30 out. 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI. **Bioetanol: o futuro renovável**. Brasília: CNI, 2012. 81p.

CONNECTAS. **Sombras de um negócio verde**. 2014. Disponível em: <<http://www.connectas.org/project/et/pt/art1.html>>. Acesso em 20 jun. 2015.

DENG, X.; HU, Y.; DENG, Y.; MAHADEVAN, S. Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. **Inderscience Journal Service Science**, v.1, p. 83-98. 2008.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS ECONÔMICOS. DIEESE. **Desempenho do setor sucroenergético brasileiro e os trabalhadores**, 2007. Disponível em: <[http://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2007/estpesq30\\_setorSucroalcooleiro.pdf](http://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2007/estpesq30_setorSucroalcooleiro.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2015.

DOMINGUES, A.T. **A territorialização do grupo agroindustrial canavieiro Louis Dreyfus no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Análise de Conjuntura de Biocombustíveis**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2013. 48p.

FERNANDES, A.S.; MIGUEL, E.R. A importância da utilização do bagaço de cana-de-açúcar na geração de energia em termelétricas. In: ENCONTRO CIENTÍFICO E SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO. **Anais...** Lins: Unisalesiano, 2011.

FERREIRA FILHO, J.B.S.; HORRIDGE, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. **Land Use Policy**, v.36, p. 595-604. 2014.

FREITAS, L.C.; KANEKO, S. Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil. **Energy Economics**, v.33, p. 1146-1154. 2011.

GIRONIMO, G.D.; CARFORA, D.; ESPOSITO, G.; LABATE, C.; MOZZILLO, R.; RENNO, F.; LANZOTTI, A.; SIUKO, M. Improving concept design of divertor support system for FAST tokamak using TRIZ theory and AHP approach. **Fusion Engineering and Design**, v. 88, p. 3014-3020. 2013.

IÇÖZ, E.; TUGRUL, K.M.; SARAL, A.; IÇÖZ, E. Research on ethanol production and use from sugar beet in Turkey. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p. 1-7, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Mato Grosso do Sul**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ms>>. Acesso em 20 fev. 2014.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana: uma prática usada e abusada**, 2007. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/etanol/efeitosDaQueimaDeCana.pdf>>. Acesso em 16 out. 2015.

MARCONATO, M. S.; SANTINI, G. A. 2008. Alternativas para a geração de energia renovável no Brasil: a opção pela biomassa. In: SOBER, 46., 2008, Rio Branco, AC. **Anais...** Brasília: SOBER, 2008.

MARTINELLI, L.A.; GARRET, R.; FERAZ, S.; NAYLOR, R. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. **Agricultural Systems**, v. 104, p. 419-428. 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA, 2012. 283p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA, 2014. 206p.

NOGUEIRA, L.A.H.; CAPAZ, R.S. Biofuels in Brazil: Evolution, achievements and perspectives on food security. **Global Food Security**, v. 2, p. 117-125. 2013.

PACINI, H.; SILVEIRA, S. Consumer choice between ethanol and gasoline: Lessons from Brazil and Sweden. **Energy Policy**, v.39, p. 6936-6942. 2011.

PEDRYCZ, W.; SONG, M. A granulation of linguistic information in AHP decision-making problems. **Information Fusion**, v.17, p. 93-101. 2014

PEREIRA, M.C.; MICHELS, I.L.; RODRIGUES, J.D.; CAMPELO, E.H.R.; MEURER, R. A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul. In: SOBER, 45., 2007, Londrina, PR. **Anais...** Brasília: SOBER, 2007.

PEREIRA, M.C.; MICHELS, I.L.; RODRIGUES, J.D.; CAMPELO, E.H.R.; MEURER, R. A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul. In: SOBER, 45., 2007, Londrina, PR. **Anais...** Brasília: SOBER, 2007.

PROCON. **Consulta de preços da cesta básica**, 2014. Disponível em: <[http://www.procon.ms.gov.br/?page\\_id=26](http://www.procon.ms.gov.br/?page_id=26)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

REIS, et al. Desenvolvimento do Setor Sucroenergético no Estado de Mato Grosso do Sul: Impactos e Benefícios da Geração de Energia a Partir da Produção de Cana-deAçúcar. In: International Workshop in Cleaner Production, 4, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2013.

SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Inderscience Journal Service Science**, v. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T.L.; SHANG, J.S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal Operations Research**, v. 214, p. 703-715, 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, DA PRODUÇÃO, DA INDÚSTRIA, DO COMÉRCIO E DO TURISMO. SEPROTUR. **Desempenho do comércio exterior de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: SEPROTUR, 2011. 6p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. SEBRAE (2008) **Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira: cenários econômicos e estudos setoriais**. Recife: SEBRAE, 2008, 52p.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impacto nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 108-114, 2007.

SUBRAMANIAN, N., RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, v. 138, p. 215-241, 2012.

SURESHCHANDAR, G.S.; LEISTEN, R. A framework for evaluating the criticality of software metrics: an analytic hierarchy process (AHP) approach. **Measuring Business Excellence**, v. 10, p. 22-33, 2006.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. UNICA. **Publicações cana-de-açúcar União da Indústria de Cana de Açúcar**, 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/fotos/cana-de-acucar>>. Acesso em 10 out. 2015.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. UDOP. **Relação das unidades de açúcar, etanol e biodiesel de Mato Grosso do Sul**, 2013. Disponível em: <<http://>

[www.udop.com.br/download/mapas/relacoes/relacao\\_unidades\\_ms\\_ordem\\_alfabetica.pdf](http://www.udop.com.br/download/mapas/relacoes/relacao_unidades_ms_ordem_alfabetica.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2015.

USDE. United States Department of Energy. **World Ethanol Production**, 2015. Disponível em: < [https://search.usa.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=afdc.energy.gov&query=world\\_ethanol\\_production&commit=Search](https://search.usa.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=afdc.energy.gov&query=world_ethanol_production&commit=Search) >. Acesso em: 30 out. 2015.

YUNUS, R.M.; SAMADI, S.; YUSUP, N.M.; OMAR, D. Expert choice for ranking heritage streets. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 101, p. 465-475. 2013.

*Recebido em: 03 de novembro de 2015*

*Aceito em: 21 de setembro 2016*