

# **Análise Econômica da Sustentabilidade da Cadeia Produtiva de Etanol de Batata-Doce no Estado do Tocantins<sup>1</sup>**

*Economic, social and environmental analysis chain production of ethanol of sweet potato, in Tocantins state*

*Waldecy Rodrigues<sup>2</sup>*

*Keyle Aparecida Magalhães<sup>3</sup>*

*Marcio Antônio Silveira<sup>4</sup>*

*Luís Norberto Magalhães Filho<sup>5</sup>*

**Resumo:** Este artigo analisa a sustentabilidade econômica, ambiental e social para a implantação de uma cadeia produtiva para a produção de etanol como biocombustível, a partir da batata-doce, no município de Palmas – TO. O método utilizado neste estudo foi a análise custo – benefício, incluindo-se aspectos de rentabilidade econômica, externalidades sociais e ambientais. Para fins analíticos os indicadores calculados da produção de biocombustível da batata-doce foram comparados aos da cana-de-açúcar, por ser a referência para produção de etanol no país. Como resultado obteve-se que a produção de etanol, para fins combustíveis, a partir da batata-doce apesar de ser viável do ponto de vista econômico, apresenta claras desvantagens com relação ao processamento a partir da cana-de-açúcar, onde este tem uma superior rentabilidade unitária e, principalmente, maiores ganhos de escala. Porém, quando se aborda a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, verifica-se que o custo causado pelas queimadas à sociedade faz com que a mesma seja não sustentável. Já para o caso da batata-doce, apesar de ser um negócio menos atrativo do ponto de vista econômico-financeiro, trás maiores ganhos sociais e ambientais.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Biocombustível; Análise Custo - Benefício e Etanol de batata-doce.

**Abstract:** This paper examines the economic sustainability of the implementation of a local productive arrangement for the production of ethanol as a biofuel, from sweet potato, in the municipality of Palmas - TO. The method chosen to conduct this study was the cost - social benefits, considering aspects of economic profitability, the social and environmental sustainability. For analytical purposes the indicators calculated from the production of biofuel from sweet potato, were compared to the sugar cane as the reference for the production of ethanol in Brazil. The production of ethanol for fuel purposes, from the sweet potato, although it is possible the economic point of view, presents clear disadvantage with respect to the processing from sugar cane, which in fact has a unit and higher profitability gains in scale. But when it addresses the sustainability of the whole production chain of sugar cane, it appears that the costs to society caused by burning means that it is not sustainable. For the case of sweet potatoes, while a business less attractive from the economic-financial, behind social and environmental gains.

**Keywords:** Sustainability; Biofuel; Cost-Benefit Analysis; Sweet Potato Ethanol

**JEL:** C33, D57.

---

<sup>1</sup> Artigo recebido em março de 2011 e aprovado em janeiro de 2012.

<sup>2</sup> Pós-Doutor em Economia (UnB). Professor do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional na Universidade Federal do Tocantins. E-mail: waldecy@terra.com.br.

<sup>3</sup> Economista, Mestre em Ciências do Ambiente (UFT), Professora Adjunta do Curso de Agronomia – UFT, Campus de Gurupi – TO. E-mail: keile@uft.edu.br.

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia (UFLA), Professor do Programa de Mestrado em Agroenergia – UFT, Campus de Palmas – TO. E-mail: marcio@uft.edu.br

<sup>5</sup> Graduando do Curso de Engenharia Ambiental – UFT, Campus de Palmas – TO. Email: luizlmf@gmail.com.

## Introdução

Os recentes efeitos do aquecimento global, decorrente da emissão de gases de efeito estufa (GEE) por fontes antrópicas, é algo que tem trazido grande preocupação à sociedade moderna. Isto ocorre, principalmente dentro de cenários que configuram a demanda crescente de energia, que na maior parte é de natureza não-renovável, tais como: carvão mineral, petróleo, entre outros. Estas fontes não-renováveis vêm sendo utilizadas como alicerce do processo produtivo, decorrente principalmente do crescimento econômico e populacional, o que poderá comprometer os direitos das gerações futuras.

Dentro das discussões ambientais o etanol - produzido a partir da biomassa - tem sido reconhecido mundialmente como uma das possíveis soluções para a mitigação de problemas ambientais, apresentando-se como um candidato a ser apoiado com políticas de financiamento - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL - conforme estabelecido no Protocolo de Kyoto, no qual os países membros da União Européia comprometeram-se a reduzir 8% das emissões de CO<sub>2</sub>, até 2010, em relação aos níveis de 1990 (SCANDIFFIO 2005).

O uso do álcool combustível é um tema em constante debate. Trinta anos depois do início do PROÁLCOOL, o Brasil vive atualmente uma nova expansão dos canaviais com o objetivo de oferecer, em grande escala, o combustível alternativo. O plantio avança além das áreas tradicionais, do interior paulista e do Nordeste, e espalha-se pelos Cerrados, em alguns casos, fazendo fronteira com a Floresta Amazônica. Mas, é preciso lembrar sempre que, o crescimento da área agrícola para suprir a demanda por parte da indústria não deve impor altos custos ambientais, tanto agora, quanto para as futuras gerações, sob pena de inviabilizar os benefícios gerados pelo uso de combustíveis limpos (TORQUATO 2006).

A produção de etanol no Brasil tem se restringido basicamente a cana-de-açúcar. Mas além desta, existem outras fontes, como as raízes, por exemplo, a mandioca (*Manihot esculenta*) e a batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). De todas estas fontes de matéria-prima a batata-doce talvez seja a cultura que apresente o menor número de pesquisas no Brasil. Se comparados os ciclos de produção, a batata-doce com seu curto ciclo reprodutivo (4 a 5 meses) poderia ultrapassar a cana-de-açúcar (12 e 18 meses) e a mandioca (10 a 20 meses) em sua produtividade global. Mas para que isso ocorra é necessário investimento em pesquisas voltadas para a melhora das tecnologias de produção (SOUZA 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho pretende avaliar comparativamente a eficiência econômica e a eficácia sócio-ambiental da implantação de uma cadeia produtiva para a produção de etanol a partir da batata-doce, alicerçada especificamente na agricultura familiar na região da Amazônia Legal brasileira. Para tanto, fez-se um estudo de caso de uma experiência pioneira, localizada no município de Palmas-TO. Ademais, é realizada uma comparação de indicadores econômicos, sociais e ambientais com o agronegócio da cana-de-açúcar por ser uma referência nacional e internacional para a produção de etanol.

## **2 Materiais e Métodos**

Como apurar a viabilidade econômica de uma empresa ou um arranjo produtivo local? É possível agregar as análises econômico-financeiras aspectos relacionados à eficácia social e ambiental? É possível compor indicadores em uma mesma unidade de valor para apurar a viabilidade econômico-financeira, social e ambiental de diferentes cadeias produtivas?

Já é uma longa tradição no campo da economia do bem-estar e da engenharia econômica utilizar a técnica de Análise-Custo Benefício (ACB) para avaliar a viabilidade econômica e financeira de um empreendimento ou até mesmo de conjunto destes, organizados em cadeia produtivas. O problema sempre foi considerar e, principalmente, mensurar às externalidades (sociais ou ambientais), quer sejam positivas ou negativas aos fluxos de caixa gerados nos negócios e, conseqüentemente, sobre os indicadores de viabilidade gerados. Sucessivos debates acerca de como incorporar monetariamente os custos e benefícios ambientais aos fluxos de caixa dos negócios são recorrentes na literatura internacional do tema onde destacam as contribuições seminais de Michan (1960) e Pearce (1971).

A Análise Custo-Benefício (ACB) é uma técnica econômica que tem como propósito comparar os benefícios de um empreendimento, notadamente suas receitas geradas, com os seus custos. Para a realização dessa análise, é necessário atribuir valores monetários a todos os custos incorridos e a todos os benefícios. Desse modo, de uma forma ampla, a análise pode abranger, não somente os ganhos determinísticos que são facilmente mensurados (lucros), como também os ganhos e perdas sociais e ambientais, cuja determinação é mais delicada, podendo dar margem a interpretações, se não tiverem sido feitas com a máxima cautela, honestidade e base estatística (RODRIGUES 2002)<sup>6</sup>.

Porém, comparar alternativas de produção simplesmente pela Análise-Custo Benefício (ACB) tradicional, pode-se incorrer em não computação de danos irreversíveis ao meio ambiente e as gerações futuras. Particularmente, para o setor sucroalcooleiro, Mattos & Mattos (2004), chamam a atenção para o seguinte paradoxo: se, por um lado, é considerado um vetor de desenvolvimento socioeconômico e um exemplo de atividade ambiental (combustível renovável), por outro lado, é criticado sistematicamente como responsável pela degradação ambiental e pela exclusão e deterioração social. O crescimento da área de canavial no Brasil tem trazido preocupações mundiais com a preservação ambiental, o que demonstra uma necessidade de inovação deste setor, voltando-se para outras culturas, capazes de amenizar os efeitos socioeconômicos e ambientais, não conseguido pela cana.

Para RODRIGUES (2002), o problema da sustentabilidade na atividade agrícola está diretamente relacionado com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pela utilização das tecnologias agrícolas. Um exemplo desses impactos ambientais são as alterações climáticas proveniente dos problemas gerados pelas queimadas como prática de pré-colheita. A queima dos canaviais pode causar vários problemas de saúde, pois resultam em grandes quantidades de fuligem,

---

<sup>6</sup> No que se refere à avaliação dos impactos ambientais, pode adicionar à contribuição do autor, também a não utilização correta dos métodos de valoração ambiental.

monóxido de carbono e outras substâncias que afetam a saúde do ser humano, das quais algumas são cancerígenas.

Para incorporar as dimensões econômicas, sociais e ambientais na avaliação comparativa da produção de etanol a partir da batata-doce e cana-de-açúcar foram adotados os seguintes procedimentos na Análise Custo-Benefício (ACB):

**1** - Inicialmente foi calculado os custos e benefícios privados por hectare das duas culturas em análise, para tal fim utilizou-se o critério da Relação Benefício-Custo (B/C) e o Valor Presente Líquido (VPL). A B/C é um primeiro indicador de viabilidade econômico-financeira do empreendimento, sendo maior que 1 (um) é viável e menor que 1 (um) indica inviabilidade econômica. O VPL pode também ser menor que zero indicando inviabilidade, igual a zero indicando indiferença e maior que zero indicando viabilidade econômica, vistos nas Equações (01) e (02).

$$\begin{aligned} & \text{Relação Benefício-Custo (B/C)} \\ \text{B/C} &= \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \end{aligned} \quad (01)$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

i = taxa de juros.

$$\begin{aligned} & \text{Valor Presente Líquido (VPL)} \\ \text{VPL} &= \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I \end{aligned} \quad (02)$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

i = taxa de juros;

I = investimento inicial.

**2** - Para medição das externalidades sociais, tanto para a batata-doce como para a cana-de-açúcar, utilizou-se o valor dos salários pagos aos trabalhadores diretos, ou seja, massa salarial, com os empregos gerados durante o cultivo na produção da matéria-prima e do etanol nas usinas;

**3** - As externalidades ambientais com a queima da cana foram adicionadas ao fluxo de caixa, de acordo com Mattos & Mattos (2004), que mediu monetariamente os efeitos nocivos da queimada sobre os níveis de bem-estar em sua pesquisa. Nesse trabalho, adotaram-se os resultados obtidos pelos referidos autores, pois não há oscilações tecnológicas muito dispare, quando se utiliza a queimada para o auxílio da colheita da cana em diferentes partes do país;

**4** - Por fim, para os cálculos sócio-ambientais do projeto adicionou-se ao fluxo de caixa da produção privada os custos e os benefícios sociais e ambientais, a partir daí calculou-se novamente os indicadores de eficácia social (notadamente) o VPL,

oferecendo, assim, a estes métodos uma nova capacidade interpretativa econômica da sustentabilidade.

Operacionalmente, considerando a aplicação da Análise Custo-Benefício (ACB) sobre as duas cadeias produtivas em abordagem (batata-doce e cana-de-açúcar para fins combustíveis), foram realizadas três etapas:

1<sup>a</sup> Etapa – Cálculo e análise dos indicadores econômicos, sociais e ambientais para o cultivo das matérias-primas (batata-doce e cana-de-açúcar);

2<sup>a</sup> Etapa – Cálculo e análise dos indicadores econômicos, sociais e ambientais para produção do etanol pelas usinas processadoras;

3<sup>a</sup> Etapa – Soma dos resultados econômicos e das externalidades sociais (massa salarial) e ambientais (danos ao bem-estar provocados pela queima), possibilitando uma visão final sobre o resultado econômico da sustentabilidade de toda a cadeia produtiva.

### **3 Resultados e Discussões**

#### **3.1 Análise custo-benefício do cultivo da batata-doce e cana-de-açúcar**

Conforme os indicadores demonstrados (B/C e VPL) as duas culturas são viáveis economicamente, pois o B/C é maior que um nas duas alternativas, satisfazendo a principal condição de viabilidade econômica. Tanto a produção da batata-doce quanto a cana apresentou um VPL positivo no cultivo, com uma vantagem unitária para o cultivo da batata-doce, porém destaca-se que o maior ganho dos produtores de cana-de-açúcar é associado a sua escala de produção (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise custo – benefício privada no cultivo de batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/safra

Anos <sup>7</sup>	Batata-doce		Cana-de-açúcar	
	Custos R\$	Benefícios R\$	Custos R\$	Benefícios R\$
0	(600,00) <sup>8</sup>	-	(600,00)	-
1	2.353,32	2.600,00 <sup>9</sup>	3.447,47	2.400,00 <sup>10</sup>
2	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
3	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
4	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
5	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
6	2.353,32	2.600,00	3.447,47	2.400,00
7	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
8	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
9	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
10	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
11	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
12	2.353,32	2.600,00	1.773,70	2.400,00
Total do Fluxo de Caixa*	28.239,84	31.200,00	24.631,94	28.800,00
Total do Fluxo de Caixa* Descontado	14.577,34	16.105,37	13.329,38	14.866,5
Benefício Custo		1,10		1,11
Valor presente líquido		928,03		883,62

FONTE – Elaborada a partir de resultados da pesquisa (2006)

\*Total dos fluxos de caixa descontado a uma taxa de 12,00% a.a.

A geração de emprego e renda é uma das principais preocupações atuais para, quando se trata de implantar qualquer atividade econômica. Os benefícios sociais para a produção da batata-doce neste trabalho foram estimados pela quantidade de massa salarial usada na produção, ou seja, quantidade e o valor pago pela mão-de-obra necessária para o cultivo da cana e da batata-doce.

Sendo assim possível medir os efeitos sociais do projeto da batata-doce por hectare que emprega em torno de 53 dias/homem, enquanto a cana-de-açúcar utiliza normalmente 47 dias/homem. A cultura da batata-doce é mais intensiva em mão-de-obra direta que a da cana-de-açúcar, logo a massa salarial é superior para a batata-doce (R\$1060,00) do que a utilizada pela cultura de cana-de-açúcar (R\$940,00).

Assim é possível adicionar essa externalidade (massa salarial) no fluxo de caixa original para fins comparativos, agora não somente sob o ponto de vista do investidor privado, mas abrangendo os interesses da sociedade. Pelos indicadores apresentados (B/C e VPL), nesse caso acrescidos da externalidade (massa salarial), as duas culturas são viáveis, porém a produção da batata-doce demonstra ser mais

<sup>7</sup>Foram escolhidos 12 anos para análise no fluxo de caixa, por ser considerado tempo suficiente para apresentar rendimentos crescentes de escala, sendo que um plantio da cana-de-açúcar gera 6 ciclos de 12 meses.

<sup>8</sup>O valor do arrendamento da terra foi calculado baseado nos custos por hectare dividido por 50 anos, prazo esperado para o retorno do investimento multiplicado pelo prazo de retorno considerado no fluxo de caixa.

<sup>9</sup> Receita gerada com a venda da batata-doce para a indústria, como são produzidas cerca de 40 ton./ha, e comercializadas ao valor de R\$ 65,00 a tonelada.

<sup>10</sup> Receita gerada com a venda da cana para a indústria, ao valor de R\$ 30,00 a tonelada (valor pago em 2006), sendo que a produção nacional é em média de 80 toneladas por hectare.

atrativa do que a produção da cana quando são considerados os benefícios sociais como geração de emprego e renda (Tabela 2).

Tabela 2- Analise custo – benefício social no cultivo de batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/safra

ANOS	BATATA-DOCE		CANADA-AÇÚCAR	
	Custos R\$	Benefícios* R\$	Custos R\$	Benefícios R\$
0	(600,00)	-	(600,00)	-
1	2.353,32	3.660,00	3.447,47	3.340,00
2	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
3	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
4	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
5	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
6	2.353,32	3.660,00	3.447,47	3.340,00
7	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
8	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
9	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
10	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
11	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
12	2.353,32	3.660,00	1.773,70	3.340,00
Total do Fluxo de Caixa	25.739,84	43.920,00	24.031,94	40.080,00
Total do Fluxo de Caixa Descontado <sup>1</sup>	14.577,34	22.671,41	13.329,38	20.689,21
Benefício Custo		1,56		1,55
Valor Presente Líquido		7.494,06		6.759,83

FONTE – Elaborada a partir de resultados da pesquisa (2006)

\*Incluem os benefícios privados e os benefícios com a massa salarial.

O cultivo da batata-doce apresentou um indicador bem mais favorável que a cana-de-açúcar, por se tratar de uma cultura que emprega maior quantidade de mão-de-obra no seu manejo e sua produção, por se tratar de uma cultura que ainda não é cultivada de forma mecanizada. Mas, com as novas tendências tecnológicas da agricultura em um futuro bem próximo a batata-doce pode também sofrer esse processo de mecanização.

No entanto, ainda falou adicionar às externalidades ambientais para realizar a análise econômica da sustentabilidade. Sendo que para a inclusão dos aspectos ambientais na medição, foram considerados os custos e benefícios para a produção da cana-de-açúcar e da batata-doce. De acordo com estudos realizados pela COPERSUCAR, os benefícios ambientais com a produção da cana só podem ser considerados se não houver a queima. A colheita da cana-de-açúcar sem a queima previa, além de evitar inúmeros problemas, traz benefícios ao solo, pela permanência do resíduo no campo, pela melhor qualidade da matéria-prima entregue a indústria, entre outras, e também reduz a agressão ambiental (MATTOS & MATTOS 2004).

Mas, com a queima, no caso da cana-de-açúcar, a produtividade do trabalhador aumenta de dois para cinco toneladas por dia. Os custos com carregamento e transporte são reduzidos e aumenta a eficiência das moendas, que não precisam interromper seu funcionamento para a limpeza da palha. A eliminação do tradicional processo de limpeza da lavoura com fogo interfere também no uso da mão-de-obra, pois induz a mecanização dos procedimentos de manejo da cultura, de plantio e de colheita.

Portanto, nesse trabalho a queimada é utilizada como indicador ambiental por ser considerado o principal efeito externo negativo da produção da cana-de-açúcar, apesar da cultura canavieira passar por grandes mudanças, sendo uma das principais a substituição da colheita manual pela mecânica, o que deverá minimizar este impacto e provocar outros sociais pela substituição da mão-de-obra.

Mattos & Mattos (2004), pelo Método de Produção Sacrificada<sup>11</sup>, estimaram o valor de uso direto perdido pela queima da cana que representa um custo ambiental de R\$ 7.936,60 por hectare/safra, assim divididos (Tabela 3).

Tabela 3 – Valoração econômica das perdas diretas com a queima da cana de açúcar

<b>Perdas diretas com a queima</b>	<b>R\$ / ha</b>
Palhada	6360,00
Água	120,00
Herbicida	381,60
Plantio (Uma folha a mais)	400,00
Utilização alternativa do bagaço	675,00
<b>Total</b>	<b>7.936,60</b>

Fonte - MATTOS & MATTOS (2004)

De acordo com a pesquisa, este valor (R\$ 7.936,60) foi rateado entre o cultivo (15%) e processamento industrial (85%) da cana, de acordo com o valor agregado de cada etapa de produção. Já que para a produção da batata-doce ainda não existem estudos que comprovem os danos ambientais que esta cultura possa vir a causar ao meio ambiente o certo é que não necessita de queimada, sendo que nesse caso seus fluxos de caixa permanecem inalterados.

Verificou-se ainda, que os custos ambientais para produção agrícola da cana, são maiores do que os benefícios, implicando, por esse critério, que sua utilização traria danos marginais à sociedade superiores aos seus ganhos. No caso da batata-doce por não haver necessidade de queimadas na produção da batata-doce, os indicadores de viabilidade, considerando aspectos sociais e ambientais permaneceram positivos (Tabela 4).

---

<sup>11</sup> Este método mede o que poderia se ganhar monetariamente com a produção vigente ou alternativa caso o dano ao meio ambiente não fosse causado.

Tabela 4 - Análise custo – benefício ambiental no cultivo de batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/safra

ANOS	BATATA-DOCE		CANA-DE-AÇÚCAR	
	Custos* R\$	Benefícios**R\$	Custos*R\$	Benefícios**R\$
0	(600,00)	-	(600,00)	-
1	2.353,32	2.600,00 <sup>12</sup>	4.637,96	2.400,00
2	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
3	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
4	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
5	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
6	2.353,32	2.600,00	4.637,96	2.400,00
7	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
8	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
9	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
10	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
11	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
12	2.353,32	2.600,00	2.964,19	2.400,00
Total do Fluxo de Caixa	28.239,84	31.200,00	38.317,82	28.800,00
Total do Fluxo de Caixa Descontado <sup>1</sup>	14.577,34	16.105,37	20.703,72	14.866,50
Benefício Custo Ambiental		1,10		0,72
Valor Presente Líquido		928,03		-6.437,23

FONTE – Elaborada a partir de resultados da pesquisa (2006)

\* Incluem os custos privados e os custos ambientais.

\*\* Incluem os benefícios privados e os benefícios ambientais.

Apesar das análises dos custos ambientais não se mostrarem tão favoráveis para a cana, muitos especialistas a defendem, pois segundo eles os efeitos positivos com a venda do álcool, substituindo os combustíveis fósseis compensam tanto os efeitos ambientais e sociais, considerados negativos durante a produção agrícola.

### 3.2 Análise custo-benefício da produção de etanol a partir da batata-doce e cana-de-açúcar

Após análise quanto ao cultivo das culturas, realizou-se a Análise Custo-Benefício (ACB) da produção de etanol da cana-de-açúcar e da batata-doce. As plantas industriais selecionadas nesta análise foram as de 4000 litros para a batata-doce, por ser atualmente a menor escala possível de produção do combustível. Para a cana-de-açúcar optou-se pela usina com capacidade instalada de 2.000.000 ton./ano, considerada o tamanho padrão no Brasil. Porém as unidades de comparação entre os dois processos produtivos são reduzidas em termos unitários, tendo o rendimento por hectare como referência de valor.

Segundo dados da ÚNICA (2006) o custo de instalação de uma nova usina de cana-de-açúcar com capacidade instalada de 2.000.000 ton./ano, são necessários

<sup>12</sup> Receita gerada com a venda da batata-doce para a indústria, como são produzidas cerca de 40 ton./ha, e comercializadas ao valor de R\$ 65,00 a tonelada.

aproximadamente em torno de R\$374 milhões. Sendo que o processamento de um milhão de toneladas de cana-de-açúcar resulta na produção de 83 milhões de litros por safra. Sobre a renda das usinas de cana-de-açúcar, segundo o Relatório do Banco de Cooperação Internacional do Japão JBIC (2006), será possível recuperar o capital do investimento inicial somente a partir do sexto ano de funcionamento. O custo de produção por litro depende da quantidade de litros de álcool que uma tonelada pode gerar.

Como resultado da análise, observou-se que os indicadores para a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, em termos unitários, são muito mais atrativos que para o caso do etanol da batata-doce. O Valor Presente Líquido (VPL) do etanol da cana-de-açúcar é cerca de 6 (seis) vezes superior ao do etanol da batata-doce. Mesmo os investimentos, em termos unitários, serem cerca de 4 (quatro) vezes superiores para o caso da cana-de-açúcar em relação à batata-doce, sua eficiência técnica e econômica mais que compensa tal diferença (Tabela 5).

Tabela 5- Análise custo – benefício privada na produção de etanol da batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/ano.

ANOS*	MINI-USINA DE ETANOL DE BATATA-DOCE 4.000 L. CARBURANTE		USINA DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR	
	Custos** R\$	Benefícios***R\$	Custos R\$	Benefícios R\$
0	-6.296,00		-23.980,00	
1	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
2	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
3	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
4	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
5	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
6	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
7	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
8	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
9	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
10	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
11	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
12	7.276,00	8.011,25	4.544,00	10.132,00
Total do Fluxo de Caixa	81.016,00	96.135,00	30.548,00	111.452,00
Total do Fluxo de Caixa Descontado <sup>1</sup>	45.070,27	49.624,68	28.147,24	62.761,40
Benefício Custo		1,09		2,23
Valor Presente Líquido		1.741,59		10.634,16

FONTE – Elaborada pela autora a partir de resultados da pesquisa (2006)

\* Total dos fluxos de caixa descontado a uma taxa de 12,00% a.a.

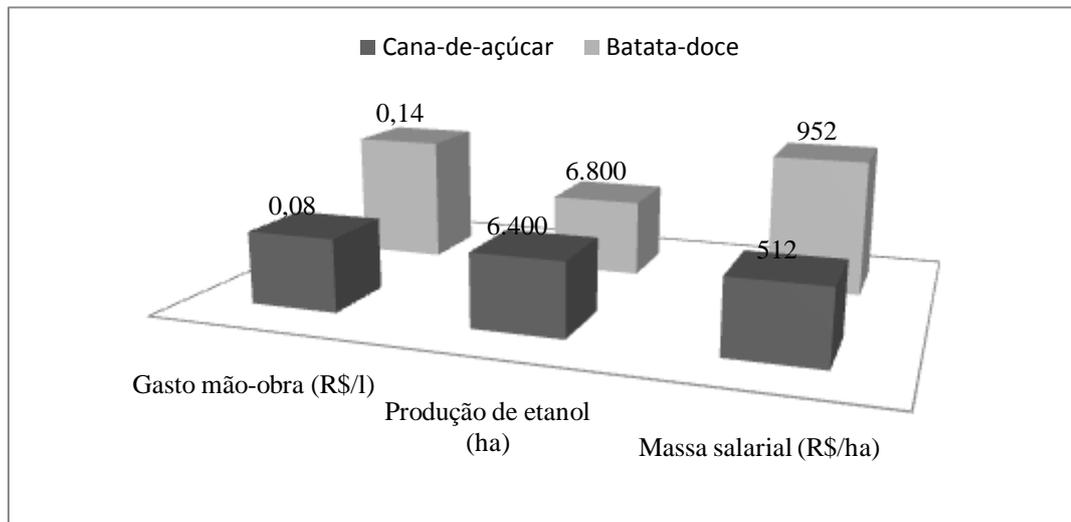
\*\* Incluem os custos privados.

\*\*\*Incluem os benefícios privados

Da mesma forma realizada com a produção agrícola da batata-doce e da cana-de-açúcar pode ser incorporada a análise da incorporação da massa salarial, enquanto uma externalidade, aos fluxos de caixa das industriais de etanol aqui avaliadas. Ao se produzir um litro de álcool a partir da cana-de-açúcar são gastos em torno de R\$ 0,08, sendo que um hectare de cana produz 6.400 litros, gerando assim um benefício com a massa salarial de R\$ 512,00 por hectare. Para a produção do

etanol da batata-doce as usinas têm um custo por litro com mão-de-obra em torno de R\$ 0,14, sendo que um hectare produz 6.800 litros o que gera uma massa salarial de R\$ 952,00 por hectare (Figura 2).

Figura 2 – Massa salarial por hectare na produção de etanol de batata-doce e cana-de-açúcar



Fonte – Pesquisa de campo (2006)

Assim, é possível incorporar ao fluxo de caixa original as externalidades sociais, geradas diretamente pela massa salarial, gerando novos indicadores para a avaliação das alternativas de investimento, nesse caso começando a incluir o ponto de vista da sociedade. Observa-se que mesmo com a inclusão dos benefícios sociais (massa salarial) a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar continua mais atrativa, porém com o novo Valor Presente Líquido (VPL) do etanol da cana-de-açúcar cerca de 3 (três) vezes superior ao do etanol da batata-doce, porém com uma queda relativa forte considerando apenas o aspecto privado, onde a vantagem da produção de etanol da cana-açúcar apresentava um VPL 6 (seis vezes) superior (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise custo – benefício social na produção de etanol da batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/ano.

ANOS*	MINI-USINA DE ETANOL DE BATATA-DOCE – 4.000 LITROS/CARBURANTE		USINA DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR	
	Custos** R\$	Benefícios*** R\$	Custos R\$	Benefícios R\$
0	-6.296,00		-23.980,00	
1	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
2	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
3	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
4	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
5	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
6	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
7	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
8	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
9	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
10	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
11	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
12	7.276,00	8.963,25	4.544,00	10.644,00
Total do Fluxo de Caixa	81.016,00	107.559,00	30.548,00	127.728,00
Total do Fluxo de Caixa Descontado <sup>1</sup>	45.070,27	55.521,72	28.147,24	65.932,92
Benefício Custo		1,22		2,34
Valor Presente Líquido		4.155,46		13.805,68

FONTE – Elaborada pela autora a partir de resultados da pesquisa (2006).

<sup>2</sup> Incluem os custos privados e sociais.

<sup>3</sup> Incluem os benefícios privados e sociais

Para a incorporação dos aspectos ambientais à Análise Custo-Benefício (ACB) para a produção de etanol a partir da batata-doce e da cana-de-açúcar, avaliaram-se somente as externalidades causadas pela queima da cana, conforme já abordado anteriormente no valor de R\$ 7.936,60 por hectare, utilizando-se o trabalho pioneiro de Mattos & Mattos, 2004. Este custo foi rateado entre a produção primária e a produção industrial, para a indústria o valor rateado foi de R\$ 6.746,11 por hectare o que representa 85% do valor total (Tabela 7)

Tabela 7 - Análise custo – benefício ambiental na produção de etanol da batata-doce e cana-de-açúcar por hectare/ano

ANOS	MINI-USINA DE ETANOL DE BATATA-DOCE – 4.000 LITROS/CARBURANTE		USINA DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR	
	Custos*R\$	Benefícios**R\$	Custos R\$	Benefícios R\$
0	-6.296,00		-23.980,00	
1	7.276,00	8.011,25	-	-
2	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
3	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
4	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
5	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
6	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
7	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
8	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
9	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
10	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
11	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
12	7.276,00	8.011,25	11.290,11	10.132,00
Total do Fluxo de Caixa	81.016,00	96.135,00	111.501,32	121.584,00
Total do Fluxo de Caixa Descontado	45.070,27	49.624,68	69.935,17	62.761,40
Benefício Custo		1,09		0,90
Valor Presente Líquido		1.741,59		-31.153,77

Fonte – Elaborada pela autora a partir de resultados da pesquisa (2006)

\*Incluem os custos privados e os custos ambientais.

\*\*Incluem os benefícios privados e os benefícios ambientais.

Nesse caso também quando são adicionados ao fluxo de caixa os custos ambientais com a queima da cana a produção de etanol da cana-de-açúcar mostrou-se inviável sob o ponto de vista da sociedade. Por outro lado, o etanol proveniente da cana diferencia-se pelo seu reduzido impacto ambiental em relação às fontes fósseis de energia. Tanto na sua produção quanto no seu consumo em larga escala, contribuindo para a redução da demanda por combustíveis fósseis em prol de uma matriz energética mais limpa e renovável.

O problema das queimas das lavouras de cana-de-açúcar pode diminuir em grande parte do país à medida que os estados produtores priorizarem o cronograma de redução de queimadas estabelecido em lei. O Brasil possui uma das legislações ambientais mais rigorosas do mundo, mas precisa avançar em atividades de fiscalização, controle, monitoramento e educação ambiental.

### 3.3 Análise econômica da sustentabilidade da cadeia produtiva da produção de etanol a partir da batata-doce e da cana-de-açúcar

Por fim, utilizando-se da Análise Custo-Benefício (ACB) acrescentada das externalidades sociais (massa salarial) e ambientais (queimadas) é possível calcular o resultado econômico final da sustentabilidade de toda a cadeia produtiva.

Demonstrando assim a viabilidade socioeconômica e ambiental da produção de etanol a partir da batata-doce e da cana-de-açúcar (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise custo - benefício social da cadeia produtiva da produção de etanol a partir da batata-doce por hectare considerando o VPL (Valor Presente Líquido)

ITENS	CADEIA PRODUTIVA BATATA-DOCE	CADEIA PRODUTIVA CANA-DE-AÇÚCAR
<b>PRODUÇÃO AGRÍCOLA</b>		
VPL privado	928,03	883,62
Externalidades sociais*	6.566,04	6.159,83
Externalidades ambientais*	-	-7.320,85
VPL parcial (1)	7.494,07	- 277,40
<b>PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DE ETANOL</b>		
VPL privado	1.741,59	10.634,16
Externalidades Sociais*	2.413,87	3.171,52
Externalidades Ambientais*	-	-41.787,93
VPL parcial (2)	5.897,05	-27.982,25
VPL total = (1) + (2)	14.319,14	-28.259,65

FONTE: Pesquisa de Campo (2006).

\* Valores descontados a 12% a.a. no período de 12 (doze) anos

Considerando especificamente a produção de matéria-prima para produção de etanol (cultivo agrícola), destaca-se:

1. Conforme a análise benefício/custo privada fica demonstrado que as duas culturas são viáveis economicamente, pois o VPL é positivo nas duas alternativas, satisfazendo a principal condição de viabilidade econômica. Na produção da batata-doce obtém-se um de R\$ 928,03 contra R\$ 883,62 no VPL por hectare cultivo da cana-de-açúcar<sup>13</sup>;

2. Incorporando-se as externalidades sociais, verifica-se que a produção da batata-doce demonstra ser mais atrativa do que a produção da cana quando são considerados os benefícios sociais com a massa salarial. Nesta análise a batata-doce apresentou um VPL mais favorável (R\$ 7.494,06 por hectare) que a cana-de-açúcar (R\$ 6.759,83 por hectare), por se tratar de uma cultura que emprega maior quantidade de mão-de-obra no seu manejo, porém nas condições tecnológicas abordadas ambas as culturas são bastante intensivas em mão-de-obra;

3. Incorporando-se os custos ambientais com as queimadas da cana-de-açúcar, as vantagens do ponto de vista da sustentabilidade ficam bastante nítidas para a utilização da batata-doce (R\$ 7.494,07 por hectare) em detrimento da cana-de-açúcar (R\$ - 277,40 por hectare).

Considerando o processamento das matérias-primas na produção de etanol (produção agroindustrial), destaca-se:

<sup>13</sup>Porém, ressalta-se que o ganho econômico da cana se dá por maiores retornos crescentes de escala, ou seja, na grande área destinada para seu plantio.

1. A produção de etanol para fins de combustíveis a partir da batata-doce é menos eficiente (VPL por hectare de R\$ 1.741,59) do que para a cana-de-açúcar (VPL por hectare de R\$ 10.634,16), isso demonstra que a tecnologia de processamento da batata-doce ainda não consegue ser tão eficiente do ponto de vista econômico, quanto àquela utilizada na cana-de-açúcar;

2. Incorporando-se as externalidades sociais, a produção de etanol a partir da batata-doce (VPL por hectare de R\$ 4.155,46) continua sendo inferior a da cana-de-açúcar (VPL por hectare de R\$ 13.805,68), porém em menor proporção quando observado somente o aspecto da rentabilidade privada;

3. Quando são adicionados ao fluxo de caixa os custos ambientais com a queimada da cana a produção de etanol da cana-de-açúcar mostra-se como não aconselhável do ponto de vista da sustentabilidade, pois apresenta um VPL por hectare negativo. Já no caso da utilização da batata-doce, o indicador é positivo pelo fato de não ocorrer a mesma externalidade ambiental negativa (queimada) como no caso da cana-de-açúcar.

## **Conclusão**

Esse trabalho analisou a sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol a partir da batata-doce no município de Palmas – TO, comparado com a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, nas óticas privada e social. Por meio da análise custo-benefício, foram comparadas diferentes alternativas de produção de etanol a partir da batata-doce e cana-de-açúcar. Proporcionando subsídios para implantação de arranjos produtivos locais de etanol a partir de culturas ligadas agricultura familiar no estado do Tocantins e extensivamente a região da Amazônia Legal.

A análise da cadeia produtiva do etanol a partir da batata-doce demonstrou que na produção primária o cultivo da batata-doce apresenta maior vantagem do que o da cana. Isso ocorre porque a batata-doce tem um ciclo de produção de 5-6 meses enquanto que a cana 12 meses. Porém, ressalta-se que os ganhos finais com a cana-de-açúcar devem-se fundamentalmente a larga escala que a mesma é cultivada.

A produção de etanol, para fins combustíveis, a partir da batata-doce apesar de ser viável do ponto de vista econômico, apresenta claras desvantagens com relação ao processamento a partir da cana-de-açúcar, que de fato tem uma rentabilidade unitária e maiores ganhos de escala. Porém, quando se aborda a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, verifica-se que os custos causados pelas queimadas à sociedade fazem com que a mesma seja não sustentável, pois o VPL social torna-se negativo. Já para o caso da batata-doce o VPL continua ser positivo do ponto de vista social, porém menos atrativo do ponto de vista econômico-financeiro.

Assim, justifica-se o incentivo a produção de bioenergia a partir da agricultura familiar, nesse caso com a batata-doce, pois além de degradar menos o meio ambiente trás ganhos sociais, isso principalmente em regiões com grande importância ambiental como é a Amazônia Legal. Porém, isso só será possível mediante políticas públicas de inovação tecnológica e incentivo econômico, pois no momento a produção de álcool combustível a partir da batata-doce é muito menos atrativa economicamente do que com a utilização da cana-de-açúcar.

## **Referências**

- CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MATTOS, K. M. C; MATTOS, A. **Valoração econômica do meio ambiente: uma abordagem teórica e prática** – São Carlos: RiMa, Fapesp, 2004.
- MISHAN, E. J. A survey of welfare economics. **Economic Journal**, 70: 197-256, 1960.
- MISHAN, E. J. **Análise de custos-benefícios**. Rio de Janeiro, Zahar, 1976.
- PEARCE, D. W. **Cost – benefit analysis**. Great Britain: The Macmillan Press, 1971.
- RELATÓRIO FINAL DO BANCO DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO – JBIC- **Estudos Prospectivos para Fomento dos Biocombustíveis no Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2006.
- RODRIGUES, W. **Tecnologias agrícolas sustentáveis no cerrado**. Brasília: Ministério da Integração Nacional: Universidade Estadual de Goiás, 2002.86 p
- SCANDIFFIO, M. I. G. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil – cenários 2004-2024** //. Campinas, SP: [s.n.], 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Orientador: André Tosi Furtado.
- SOUZA, F. R. **Estabelecimento de um processo fermentativo utilizando células livres, a partir de clones de batata-doce [Ipomoea batatas (L.) Lam.] selecionadas para as condições de Palmas-TO**. 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Campus de Palmas, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2006.
- TORQUATO, S. A. **Cana-de-açúcar para indústria: o quanto vai precisar crescer**. Análises e Indicadores do Agronegócio. Vol. 1, n.10. outubro/2006. Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br>.
- UNICA. **Álcool**. Disponível em: <[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)>. Acesso em: 18 set. 2006a