



## ACV DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO

ANA C. G. DONKE<sup>1</sup>; LUIZ A. KULAY<sup>2</sup>; CESAR J. SILVA<sup>3</sup>; MARÍLIA I. S.

FOLEGATTI-MATSUURA<sup>4</sup>

Nº 12412

### RESUMO

O objetivo do trabalho é analisar e sugerir melhorias de cunho ambiental para sistemas de produção agrícola em desenvolvimento, utilizando a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) como metodologia de avaliação de desempenho e o enfoque de Ecodesign como conceito de melhoria. Os objetos de estudo foram duas produções experimentais de pinhão-manso conduzidas em ambientes distintos, Caatinga e Cerrado. Os resultados obtidos para o cultivo na Caatinga indicaram a fase agrícola em si – particularmente quanto à produção de resíduos agrícolas, o consumo de água e energia –, e a produção de fertilizantes sintéticos, como as atividades de maior impacto ambiental. O desempenho ambiental dessa produção pode ser melhorado com a utilização desses resíduos como fertilizantes orgânicos e o uso mais eficiente de água. Para o Cerrado, as ações antrópicas que geraram impactos ambientais mais significativos foram, mais uma vez, a produção agrícola – via emissão de metais pesados –, e as produções de glifosato, superfosfato simples e compostos sulfurados. O uso racional de fertilizantes pode contribuir para a melhoria do desempenho ambiental da produção em questão. Comparando-se os tratamentos testados, observou-se ainda que a variável densidade de plantas teve maior efeito nos impactos ambientais que o nível de fertilizante nitrogenado.

### ABSTRACT

The objective is to analyze and suggest improvements to agricultural production systems in development, using the Life Cycle Assessment as a methodology for evaluating environmental performance and Ecodesign as improvement concept. The subjects were two experimental productions of *Jatropha* located in the biomes Caatinga and Cerrado. The results from Caatinga biome showed that agricultural waste, water and energy consumption in the agricultural phase and production of synthetic fertilizer as the activities with the highest environmental impact. The environmental performance could be improved by using agricultural waste as organic

<sup>1</sup> Estagiária Embrapa Meio Ambiente: Graduação em Ciências Biológicas, UNICAMP, Campinas-SP, [ana.donke@gmail.com](mailto:ana.donke@gmail.com). <sup>2</sup> Colaborador: Professor, Poli-USP, São Paulo-SP. <sup>3</sup> Colaborador: Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS. <sup>4</sup> Orientadora: Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.



fertilizer and using water more efficiently. The results from Cerrado biome showed that heavy metal emission in the agricultural phase and production of the glyphosate-based herbicide, superphosphate fertilizer and sulfur compounds as the activities with the most significant environmental impacts. A fertilizer use review in the field phase could improve the environmental performance of the production. Furthermore, a comparison of the different treatments in the field trials showed that the variable planting density has higher effect in environmental impacts than nitrogen level.

## INTRODUÇÃO

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta útil para a gestão de produtos, que fornece um diagnóstico sistêmico e, ao mesmo tempo, quantitativo dos efeitos das interações antrópicas com o seu entorno, ao longo de todas as etapas do ciclo de vida – desde a extração de recursos naturais até a disposição do bem, serviço ou processo em análise no ambiente, quando sua função já se tiver esgotado -, podendo avaliar os impactos ambientais causados por elas. A partir do resultado proporcionado por um estudo de ACV, é possível identificar pontos para a implementação de melhorias, dentro do recorte ambiental da sustentabilidade. Em geral, os ganhos ambientais proporcionados por tal abordagem se revertem na forma de otimização do uso de recursos naturais materiais e energéticos, redução de perdas e emissões para o ambiente e uso racional do meio físico (SEO & KULAY, 2006).

Dadas as suas características, a ACV pode ser aplicada em associação com outras técnicas da gestão ambiental no desenvolvimento e melhoria de produtos; na formulação de políticas públicas; no planejamento estratégico de empresas e organizações governamentais; em ações de marketing, corroborando informações que podem ser usadas na Rotulagem Ambiental, entre outros usos (UNEP, 1996). No entanto, é no chamado Ecodesign que a aplicação da ACV tem encontrado maior apelo junto a organizações do setor produtivo. Também conhecido por Design Ecológico ou *Design for Sustainability*, o Ecodesign propõe a ação de (re)projetar um produto, processo, tecnologia, ou mesmo, um serviço, de forma a minimizar seus impactos ao ambiente (UNEP, 2012). Se a ACV é uma ferramenta avaliativa, o Ecodesign é a aplicação prática para a mudança.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar brevemente duas ferramentas da Gestão Ambiental de produtos e serviços, ACV e Ecodesign, que integradas podem subsidiar processos de melhoria para sistemas agrícolas em desenvolvimento. Para tanto, escolheu-se como objetos de estudo tecnologias de produção de pinhão-mansão



destinado à síntese de biodiesel, as quais foram aplicadas em áreas de produção experimental em biomas distintos: na Caatinga, em Petrolina (PE); e no Cerrado, em Dourados (MS). Como não poderia deixar de ser, as condições do entorno em que os cultivos se desenvolveram foram determinantes para a concepção e a operacionalização do sistema de produção e, por conseguinte, para os impactos ambientais que delas derivam em cada caso.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Avaliação do Ciclo de Vida**

De acordo com a estruturação dada pelas normas ABNT NBR ISO 14040 e 14044 (ABNT, 2009 a,b), um estudo de ACV é dividido, em termos operativos, em quatro etapas: Definição de Objetivo e Escopo; Análise de Inventário (ICV); Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV); e Interpretação. Dado o caráter iterativo, cada fase do estudo complementa a seguinte e permite alterar as anteriores.

A primeira etapa de uma ACV compreende a definição do objetivo do estudo. Em síntese, esta ação passa por identificar as razões para sua realização, o público-alvo, aplicações e intenção de divulgação dos resultados. Associada a isso está a definição do escopo do estudo, do qual devem constar: o objeto da análise; sua função; unidade funcional – parâmetro que quantifica o exercício da função, e que serve de base de referência para as quantificações de consumos e gerações de matéria e energia, ocorridas entre o sistema em análise e o ambiente-; e o fluxo de referência – que associa o desempenho técnico do produto ou serviço, no atendimento da função selecionada (ABNT, 2009 a,b).

Ainda no escopo são delimitadas as fronteiras da porção do universo em que se fará a aplicação da técnica de ACV, descrevendo quais subsistemas de produção serão considerados. Existem duas abordagens usuais para a delimitação de fronteiras: “*cradle-to-gate*” ou “*cradle-to-grave*”. A abordagem “*cradle-to-grave*” considera que a ACV será aplicada a todas as fases do ciclo de vida do objeto em análise, desde a extração de recursos do meio ambiente, passando por todos os elos da cadeia de produção; pelo uso; e tratamento de fim de vida do bem, ou serviço em análise, previamente ao seu descarte no meio ambiente (COLTRO, 2007). A abordagem do tipo “*cradle-to-gate*” resume a aplicação da ACV ao assim chamado “foco sobre o produto”, que compreende todas as interações antrópicas associadas tão somente às etapas de produção do ciclo de vida. Por conta disso, deixam de ser considerados pela abordagem “*cradle-to-gate*” impactos gerados após a produção (COLTRO, 2007).

Quando o sistema possui mais de um produto final, são registrados os procedimentos de alocação. Neste caso, as entradas e saídas são divididas entre todos os produtos finais, de forma a distribuir as cargas ambientais (ABNT, 2009 a,b). Essa distribuição pode ser proporcional à massa ou potencial energético de cada produto, dentre outros critérios. Os requisitos de qualidade de dados também são explanados no escopo, indicando as coberturas geográfica, temporal e tecnológica adotadas na produção estudada, as fontes dos dados e todos os pressupostos do trabalho. Da mesma forma, não apenas o método a ser empregado para AICV, mas também as categorias de impactos selecionadas para a análise serão também estabelecidas nesta fase do estudo.

A construção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) começa com a coleta de dados, a ser efetuada segundo diretrizes firmadas pela definição de objetivo e escopo. A título de organização convém que sejam desenhados fluxogramas de todos os processos envolvidos na análise, para facilitar a identificação de correntes de entrada e saída que circulam pelas fronteiras definidas com o meio ambiente. Após serem coletados os dados, estes devem passar por processo de validação (ABNT, 2009 a,b). O resultado de todas essas ações corresponde ao ICV, ou seja, uma lista de dados quantificados de consumos e emissões, determinados para as diversas fases do processo, os quais estão referenciados à unidade funcional definida para o estudo (KULAY & SEO, 2010).

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida inicia-se pela seleção de categorias de impacto às quais os resultados do ICV podem ser associados (ABNT, 2009 a). Categorias de impacto são classes que representam questões ambientais relevantes, como Mudanças Climáticas, Eutrofização, Acidificação, Ecotoxicidade etc. Segue-se a isso o procedimento de caracterização, em que os resultados do ICV classificados em cada uma das categorias de impacto, são magnificados em termos do respectivo efeito ambiental. Isso ocorre multiplicando-se tais correntes de matéria e energia pelos indicadores de categoria. Em linhas gerais, esses indicadores, ou fatores de equivalência, padronizam consumos e emissões em função de uma substância de referência, possibilitando assim a totalização de um resultado único de desempenho para cada categoria (KULAY & SEO, 2010).

Na última fase de uma ACV, a Interpretação, apresenta-se um resumo dos resultados do estudo, ressaltando as questões ambientais mais significativas; a avaliação do estudo em relação à completude, sensibilidade e consistência; as limitações, recomendações e conclusões. A interpretação deve ser feita sempre de



acordo com o objetivo e escopo do estudo (ABNT, 2009 a,b). Por ser um estudo dinâmico, a ACV permite que as fases finais do trabalho alterem as iniciais a fim de torná-lo mais completo e confiável. Assim, a interpretação pode indicar necessidade de revisões nas fases anteriores.

### **Ecodesign**

Ecodesign pode ser traduzido como a concepção de projetos de produtos respeitando-se o meio ambiente, buscando minimizar seus impactos ambientais diretos e indiretos, sempre que haja oportunidade para tal. Em outras palavras, no Ecodesign objetiva-se projetar produtos considerando o meio ambiente e assumindo a responsabilidade pelas consequências ambientais do produto, uma vez que estas estão relacionadas a decisões e ações específicas que acontecem durante o processo de projeto (LEWIS & GERTSAKIS, 2001, citados por GARCIA, 2007). Já GRAEDEL & ALLENBY (citados por GARCIA, 2007) definem Ecodesign como uma prática pela qual considerações ambientais são integradas nos procedimentos de engenharia do produto e processo. Essas práticas são empregadas para desenvolver produtos e processos ambientalmente compatíveis, mantendo-se padrões de preço, desempenho e qualidade do produto.

O Ecodesign culmina em uma abordagem holística, consciente e proativa. O estudo da ACV é o primeiro passo para a aplicação do Ecodesign; com ele tem-se uma avaliação de cada etapa dos processos, com a qual é possível identificar os pontos críticos (*hot-spots*), ou seja, pontos em que podem ser feitas melhorias ambientais (UNEP, 2012).

### **Estudos de caso**

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa perene, pertencente à família das Euphorbiaceas. A cultura destina-se principalmente à geração de óleo para biodiesel. O interesse por ela está na sua rusticidade e alta tolerância a condições ambientais marginais, onde culturas alimentares não se adaptam. Porém, a cultura recentemente introduzida no Brasil ainda não foi completamente domesticada. Muitas pesquisas para seleção de genótipos superiores e definição de manejo estão sendo conduzidas a fim de tornar a cultura economicamente viável. Junto a essas iniciativas, a pesquisa de ACV é igualmente importante para a avaliação ambiental deste sistema e a indicação de diretrizes para o desenvolvimento da tecnologia do biodiesel de pinhão-manso.

Para os dois estudos de caso aqui apresentados, a metodologia baseou-se nos requisitos técnicos da norma ABNT NBR ISO 14044 (ABNT, 2009). O objetivo do estudo de ACV correspondente ao **primeiro estudo de caso** (projeto BRJATROPHA) foi avaliar o desempenho ambiental de um sistema de produção de grãos de pinhão-mansão adaptado à Caatinga, ainda em fase experimental. Já para o **segundo estudo de caso** (projeto JATROPT), o objetivo foi avaliar o desempenho ambiental de uma produção experimental de grãos de pinhão-mansão adaptada ao Cerrado. O escopo de ambos os estudos de caso é apresentado na Tabela 1.

**TABELA 1.** Escopo dos estudos de caso.

1º ESTUDO DE CASO: CAATINGA	2º ESTUDO DE CASO: CERRADO
<b>a) Sistema de Produto</b>	
Sistema de Produto: sistema de produção experimental de grãos de pinhão-mansão.	
<b>b) Função e Unidade Funcional</b>	
A função do sistema é produzir grãos de pinhão-mansão para a síntese de biodiesel.	
<b>c) Unidade Funcional</b>	
A unidade funcional é 7,68E+03 kg de grãos, que correspondem à produção total obtida em 0,108 ha, durante 20 anos.	A unidade funcional é a produção de 12 kg de grãos, correspondentes à produção do primeiro ano de uma parcela experimental.
<b>d) Fronteiras do Sistema</b>	
Os processos abrangidos são a produção de mudas de pinhão-mansão e a produção e transporte de grãos de pinhão-mansão, de insumos agrícolas, diesel e eletricidade.	
<b>e) Tipos de Dados</b>	
São primários os dados dos processos de produção de mudas e grãos de pinhão-mansão. Os dados referentes à produção dos insumos agrícolas e geração e distribuição de energia elétrica provêm da base de dados Ecoinvent 2.2; aqueles relativos à produção e distribuição de óleo diesel foram modelados por Kulay et al. (2011) - todos dados secundários. Os dados referentes às saídas dos sistemas de produto são estimados com base em modelos da literatura.	
<b>f) Critério de Qualidade dos Dados</b>	
Cobertura geográfica – área experimental localizada no município de Santa Maria da Boa Vista, PE. Cobertura temporal – 2007 a 2010. Cobertura tecnológica – o sistema de produção de grãos de pinhão-mansão inclui o cultivo mínimo, e introduz as práticas de irrigação por gotejamento e podas anuais.	Cobertura geográfica – área experimental localizada em Dourados, MS. Cobertura temporal – 2011 a 2013. Cobertura tecnológica – tecnologia em desenvolvimento, que testa variações na fertilização (0, 90 e 180 kg N/ha), na densidade de plantas (1250 e 2500 plantas/ha), na consorciação e na irrigação.
<b>g) Método de AICV</b>	
ReCiPe Midpoint (H) V1.06 / World ReCiPe H, incluídas as categorias de impacto Mudanças Climáticas; Depleção da Camada de Ozônio; Toxicidade Humana; Oxidação Fotoquímica; Formação de Material Particulado; Acidificação Terrestre; Eutrofização; Ecotoxicidade Terrestre e Aquática; Ocupação de Terras Agrícolas; Transformação de Áreas Naturais; Depleção de Água, Metais e Material Fóssil.	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Primeiro estudo de caso

Os principais aspectos ambientais do ICV da produção experimental de grãos de pinhão-mansão na Caatinga estão mostrados da Tabela 2. Os resultados da AICV indicaram como impactos ambientais mais importantes a Toxicidade Humana, Ecotoxicidade Terrestre, Eutrofização e Ecotoxicidade Aquática.

**TABELA 2.** Principais aspectos ambientais da produção de grãos de pinhão-mansão, Caatinga

	Produção de Mudas	Preparo do Solo e Plantio	Condução e Beneficiamento dos Grãos
<b>Saídas conhecidas para a tecnosfera</b>			
Grãos de pinhão-mansão (kg)	-	-	7.68E+03
<b>Entradas conhecidas da natureza</b>			
Água (m <sup>3</sup> )	3.60E-01	-	-
Água - Irrigação por 10 meses ao ano (m <sup>3</sup> )	-	-	3.10E+03
Água - Irrigação por 12 meses ao ano (m <sup>3</sup> )	-	-	3.74E+03
Solo (kg)	9.30E+01	-	-
<b>Entradas conhecidas da tecnosfera</b>			
Energia elétrica (kWh)	1.88E+02	-	-
Energia elétrica (kWh) - Irrigação por 10 meses a	-	-	3.42E+04
Energia elétrica (kWh) - Irrigação por 12 meses a	-	-	4.14E+04
Sementes de pinhao-mansão (kg)	1.16E-01	-	-
Esterco caprino (kg)	2.55E+01	-	-
Ureia (kg)	-	4.32E+00	5.40E+01
Superfosfato simples (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg)	-	9.18E+00	5.40E+01
Óxido de potássio (K <sub>2</sub> O) (kg)	-	5.94E+00	5.40E+01
Formicidol, como Malationa (kg)	-	4.05E-02	-
Diesel (kg)	-	5.60E+00	-
Tetraborato de sódio (kg)	-	-	2.16E-01
<b>Emissões para a atmosfera</b>			
CO <sub>2</sub> Mudança de Uso da Terra (kg)	-	5.48E+02	-
CO <sub>2</sub> fóssil (kg)	-	2.06E+01	3.96E-02
N <sub>2</sub> O (kg)	8.59E-01	3.85E+01	5.17E-01
NOx (kg)	8.59E-02	4.04E+00	5.17E-02
<b>Emissões para águas superficiais</b>			
Ni (kg)	-	5.78E-09	3.50E-07
Zn (kg)	-	4.48E-08	2.87E-06
<b>Emissões para águas subterrâneas</b>			
PO <sub>4</sub> (kg)	8.69E-06	1.34E-04	7.85E-04
<b>Emissões para o solo</b>			
PO <sub>4</sub> (kg)	2.99E-03	4.59E-02	4.59E-02
<b>Resíduos para tratamento</b>			
Resíduos vegetais (kg)	-	-	2.78E+04

O principal responsável por estes potenciais impactos é a disposição de resíduos agrícolas no meio ambiente, em decorrência das podas anuais, exceto para a Ecotoxicidade Aquática. Para esta categoria, a disposição de resíduos industriais provenientes da produção de fertilizantes sintéticos é a maior contribuinte, devido ao depósito de fósforo no solo e metais pesados na água.

A prática de irrigação, adotada nesse sistema de produção, gerou potencial impacto para a categoria de Depleção de Água. A energia elétrica consumida no sistema de irrigação também foi expressiva, influenciando a Transformação de Ambientes Naturais e Mudanças Climáticas.

O resultado da ACV aponta para etapas específicas do sistema de produção que influenciam diretamente o desempenho ambiental da produção de grãos de pinhão-manso. Os resíduos de poda foram identificados como os maiores responsáveis pelos impactos ambientais potenciais da produção em questão. Considerando-se, porém, sua abundância e composição, dentro de um enfoque típico de Ecodesign, a ele pode-se agregar uma função.

Ao passar-se a empregar o resíduo de poda como fertilizante orgânico, pode-se melhorar o desempenho do processo em questão, tanto pela redução absoluta da quantidade de resíduos e da contaminação a ele associada, como pela diminuição do consumo de fertilizantes sintéticos – e, por conseguinte, dos impactos ambientais associados a ele, no curso de seu ciclo de vida. Ainda na linha de reprojeto de tecnologias de processo, à luz do Ecodesign, vale destacar também a otimização do uso de recursos hídricos e, conseqüentemente, da energia usada para a irrigação.

### **Segundo estudo de caso**

Os principais aspectos ambientais do ICV da produção de grãos de pinhão-manso estão mostrados da Tabela 3. Para todos os tratamentos avaliados, as categorias de impacto ambiental mais significativas foram Toxicidade Humana, Ecotoxicidade Aquática e Eutrofização. No ciclo de vida da produção de grãos de pinhão-manso, a fase agrícola foi a principal responsável pelos impactos Toxicidade Humana, Eutrofização Aquática, Acidificação Terrestre e Mudanças Climáticas.

A emissão de metais pesados para os compartimentos ambientais contribuiu decisivamente para o impacto de Toxicidade Humana. Já no tocante à Ecotoxicidade Aquática, o processo de produção do glifosato, herbicida usado na cultura do pinhão-manso, foi o principal contribuinte. Neste caso, destacam-se lançamentos de fósforo e metais pesados para a água.

Além da fase agrícola de produção de grãos de pinhão-manso, os processos de produção de superfosfato simples – fertilizante químico que comunica fósforo à cultura –, e de glifosato foram os mais importantes processos geradores do impacto de Eutrofização. Quanto à Acidificação Terrestre, o processo de produção de compostos sulfurados também foi significativamente impactante.

**TABELA 3.** Principais aspectos ambientais da produção de grãos de pinhão-manso, Cerrado

Entradas e Saídas de um bloco experimental - tratamentos sem consórcio, sequeiro						
	1	2	3	4	5	6
Entradas conhecidas da natureza						
Água (m <sup>3</sup> )	2.52E+01	2.52E+01	2.52E+01	2.52E+01	2.52E+01	2.52E+01
Entradas conhecidas da tecnosfera						
Mudas de <i>Jatropha curcas</i> (p)	2.00E+01	3.50E+01	2.00E+01	3.50E+01	2.00E+01	3.50E+01
Energia elétrica (kWh)						
Diesel (kg)	3.23E-01	2.83E-01	3.23E-01	2.83E-01	3.23E-01	2.83E-01
Ureia ( (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO ) (kg)	1.11E-01	9.72E-02	3.24E+00	2.84E+00	6.37E+00	5.58E+00
Glifosato (kg)	4.58E-02	4.01E-02	4,58E-02	4,01E-02	4,58E-02	4,01E-02
Fipronil (kg)	2.56E-03	2.24E-03	2.56E-03	2.24E-03	2.56E-03	2.24E-03
Abamectina (kg)	2.28E-04	2.00E-04	2.28E-04	2.00E-04	2.28E-04	2.00E-04
Tiametoxam (kg)	1.44E-03	1.26E-03	1.44E-03	1.26E-03	1.44E-03	1.26E-03
Lambda-cialotrina (kg)	1.08E-03	9.48E-04	1.08E-03	9.48E-04	1.08E-03	9.48E-04
Azoxystrobina (kg)	2.93E-03	2.57E-03	2.93E-03	2.57E-03	2.93E-03	2.57E-03
Cyproconazole (kg)	1.17E-03	1.03E-03	1.17E-03	1.03E-03	1.17E-03	1.03E-03
Oleo mineral parafínico (kg)	6.63E-03	5.80E-03	6.63E-03	5.80E-03	6.63E-03	5.80E-03
Emissões para a atmosfera						
CO <sub>2</sub> fóssil (kg)	1.09E+00	9.53E-01	3.39E+00	2.96E+00	5.68E+00	4.97E+00
N <sub>2</sub> O fóssil (kg)	1.10E-03	9.65E-04	3.11E-02	2.72E-02	6.11E-02	5.34E-02
NO <sub>x</sub> fóssil (kg)	1.32E-02	1.15E-02	1.62E-02	1.41E-02	1.92E-02	1.68E-02
NH <sub>3</sub> fóssil (kg)	5.12E-03	4.48E-03	1.49E-01	1.30E-01	2.93E-01	2.56E-01
NO fóssil (kg)	1.20E+00	1.20E+00	1.21E+00	1.21E+00	1.22E+00	1.22E+00
Glifosato (kg)	2.05E-02	1.79E-02	2.05E-02	1.79E-02	2.05E-02	1.79E-02
SO <sub>2</sub> (kg)	3.26E-04	2.86E-04	3.26E-04	2.86E-04	3.26E-04	2.86E-04
CH <sub>4</sub> (kg)	4.17E-05	3.65E-05	4.17E-05	3.65E-05	4.17E-05	3.65E-05
Emissões para águas superficiais						
As (kg)	2.04E-12	1.79E-12	5.96E-11	5.22E-11	1.17E-10	1.03E-10
Zn (kg)	2.25E-10	1.97E-10	6.56089E-09	5.74E-09	1.29E-08	1.13E-08
Glifosato (kg)	4.58E-06	4.01E-06	4.58E-06	4.01E-06	4.58E-06	4.01E-06
Emissões para águas subterrâneas						
NO <sub>3</sub> (kg)	1.53E-03	1.34E-03	4.47E-02	3.91E-02	8.79E-02	7.69E-02
Glifosato (kg)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Emissões para o solo						
As (kg)	2.04E-08	1.79E-08	5.96E-07	5.22E-07	1.17E-06	1.03E-06
Cd (kg)	2.56E-09	2.24E-09	7.45E-08	6.52E-08	1.47E-07	1.28E-07

T1: 0 kg N/ha, 1250 plantas/ha; T2: 0 kg N/ha, 2500 plantas/ha; T3: 90 kg N/ha, 1250 p/há; T4: 90 kg N/ha, 2500 p/ha; T5: 180 kg N/ha, 1250 p/ha; T6: 180 kg N/ha, 2500 p/ha.

Comparando-se os tratamentos testados neste experimento (JATROPT), observou-se que a variável densidade de plantas teve maior efeito nos impactos ambientais que o nível de fertilizante nitrogenado - considerando-se uma mesma produção de grãos para os diferentes tratamentos e a mesma aplicação de agrotóxicos por área, independentemente do número de plantas. Os tratamentos com maior densidade, conseqüentemente os que requerem maior número de mudas, mostraram piores desempenho ambiental. Embora com efeito secundário, o nível de fertilizantes também afetou o desempenho ambiental, sendo que os níveis mais altos de fertilizantes resultaram em impactos maiores.



## CONCLUSÃO

A ACV é uma ferramenta possível de ser aliada ao desenvolvimento dos sistemas de produção, auxiliando na identificação de problemas e melhorias tecnológicas. Por meio do ICV caracterizaram-se os sistemas de produção a partir dos consumos e emissões à biosfera. A partir dos resultados gerados pela etapa de AICV da técnica foi possível identificar impactos ambientais que determinada produção pode gerar, bem como os pontos críticos que devem ser melhorados. Os fertilizantes, tanto na etapa de produção quanto de uso, geraram impactos nos dois estudos de caso e merecem atenção, bem como uma revisão dos dados de sua produção no Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Ao Projeto JATROPT e Comissão Europeia (FP7-KBBE-2009-3-1-02) e ao Projeto BRJATROPHA e FINEP, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT. **NBR ISO 14044**: gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.
- COLTRO, L. Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão. Campinas: CETEA/ITAL, 2007. [on-line]. 75p.:il. ISBN 978-85-7029-083-0.
- GARCIA, J. C. C. **Ecodesign: estudo de caso em uma indústria de móveis de escritório**. 2007. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- KULAY, L. A.; SEO, E. S. M.; GIANELLA, F. Determination of the higher performance blend biodiesel-based on technical and systemic environmental criteria. Disponível em: <<http://www.lcacenter.org/LCA8/abstracts/346.htm>>. Acesso em: 7 out 2011.
- KULAY, L. A.; SEO, E. S. M. Orientações conceituais para elaboração de inventários de ciclo de vida. **Interfacehs**, v.5, n.1, 2010.
- SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. Avaliação do Ciclo de Vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. **Interfacehs**, v.1, n.1, 2006.
- UNEP. **Eco-design**: production without destruction. Disponível em: <[www.unep.fr/shared/publications/other/webx0008xpa/ecodesign.pdf](http://www.unep.fr/shared/publications/other/webx0008xpa/ecodesign.pdf)>. Acesso em: 25 abr 2012.
- UNEP. **Life Cycle Assessment**: what it is and how to do it. Paris: UNEP, 1996.