

# Diagnóstico da expansão da cana-de-açúcar: aplicação do Barômetro da Sustentabilidade nos municípios de Barretos e Jaboticabal (SP)

## *Assessment of the Expansion of Sugar Cane: Application of the Sustainability Barometer in the municipalities of Barretos and Jaboticabal, São Paulo State, Brazil*

Pedro Gerber Machado\*

Daniel Garbellini Duft\*\*

Michelle Cristina Araujo Picoli\*\*

Arnaldo Walter\*

\*Departamento de Energia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).  
Ends. eletrônicos: pedrog87@fem.unicamp.br; awalter@fem.unicamp.br.

\*\*Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).  
Ends. eletrônicos: daniel.duft@bioetanol.org.br; michelle.picoli@bioetanol.org.br.

Recebido em 19.08.13

Aceito em 13.04.14

**ARTIGO**

### Resumo

Para reduzir emissões dos gases do efeito estufa e aumentar a segurança de suprimento energético, o interesse internacional por biocombustíveis tem crescido consideravelmente nos últimos anos. Com a crescente demanda e conseqüente expansão da produção, é inquestionável a necessidade de avaliar os impactos sobre a sociedade e o meio ambiente. O Brasil, com grandes áreas agricultáveis e a grande produção de cana-de-açúcar, além do conhecimento agregado por décadas de pesquisa e produção de bioetanol, possui potencial para expansão, mas as conseqüências devem ser analisadas além da simples viabilidade econômica. Para uma avaliação de impactos sociais da atividade canavieira, foi aplicada a metodologia conhecida como Barômetro da Sustentabilidade para dois municípios do estado de São Paulo: um com forte expansão canavieira (Barretos), e outro com produção estagnada (Jaboticabal), no mesmo período de 10 anos. Com a comparação dos indicadores dos dois municípios buscou-se identificar a causalidade em relação à expansão da cultura em estudo. A aplicação do Barômetro da Sustentabilidade indica um impacto ambiental negativo no município com significativa expansão canavieira. Além disso, o município sem expansão obteve melhora em seu desempenho de bem-estar humano, contra uma estabilização do indicador no município em que houve expansão.

**Palavras-chave:** Bioetanol; Cana-de-açúcar; Sustentabilidade; Barômetro da Sustentabilidade.

## Abstract

With the premise of reducing emissions of greenhouse gases, international interest in biofuels has grown considerably in recent years. With the increasing demand and consequent expansion, the need to assess the impacts on the environment and society is unquestioned. Brazil, with large areas of arable and large current production of sugarcane, in addition to the added knowledge from decades of research and production of bioethanol, has the potential for expansion, but the consequences should be considered alongside to increased economic returns. For this, the application of the Barometer of Sustainability was made for two municipalities in the state of São Paulo: one with strong sugarcane expansion (Barretos), and another with stagnant production (Jaboticabal). The main objective was to identify the impacts based on the comparison of municipalities and identify causality in relation to the expansion of the culture under study. The application of sustainability barometer indicates a negative impact in the municipality with sugarcane expansion. In addition, the municipality without sugarcane expansion improves its human welfare performance against a stabilization of the municipality with expansion, indicating a relationship between the expansion of sugarcane and precariousness of human development.

**Keywords:** Bioethanol; Sugarcane; Sustainability, Barometer of Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por energias renováveis e o aumento do consumo de etanol fizeram do Brasil o segundo maior produtor mundial desse biocombustível (produzido no Brasil com base na cana-de-açúcar) (UNICA, 2009). Entre os anos de 2001 e 2011, a área plantada de cana-de-açúcar no Brasil passou de 5 para 9,6 milhões de hectares; ou seja, houve um aumento de aproximadamente 4,6 milhões de hectares, o que equivale a 91,5% em relação a 2001 (IBGE, 2013). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012), é esperado que o mercado brasileiro de etanol continue se expandindo, devido ao aumento da frota de veículos *flex fuel*. Assim, estima-se que a produção total de etanol atingirá 68,3 bilhões de litros em 2021 (EPE, 2012), em contraste com a produção de 2011: 22,9 bilhões de litros (CONAB, 2011).

No entanto, para haver o crescimento na produção de etanol, é preciso que a área plantada com cana-de-açúcar expanda-se. De acordo com o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar, coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (2009), há 65 milhões de hectares adequados para a produção de cana-de-açúcar, dos quais 37,2 milhões correspondem às áreas de pastagens; 24,6 milhões às de agropecuária; e 3,2 milhões às de agricultura. O trabalho de Adami *et al.* (2011) mostrou que, entre 2000 e 2010, a expansão da cana-de-açúcar, na região Centro-Sul (que respresenta cerca de 90% da produção de cana no País), ocorreu principalmente sobre pastagens (69,7%), seguido por culturas anuais (25%), citros (1,3%), florestas (0,6%) e terras de cana-de-açúcar sob rotação de culturas (3,4%).

Apesar da grande disponibilidade de terra e da dispensabilidade de desmatar para expandir a produção de cana, é preciso avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela expansão dessa cultura. Essa avaliação é importante para se verificar a sustentabilidade do avanço da cana, sob aspectos como: uso e

mudança do uso da terra, conservação da biodiversidade, impactos sobre os recursos hídricos, impactos socioeconômicos e emissões de gases de efeito estufa. Uma maneira de se fazer a avaliação de atividades econômicas é utilizar o Barômetro da Sustentabilidade, o qual, por meio de diversos indicadores sociais, econômicos e ambientais, permite traçar a estimativa de impactos sobre a sociedade e o meio ambiente (PRESCOTT-ALLEN, 2001). O Barômetro da Sustentabilidade proporciona que sejam feitas comparações temporais e entre diferentes localidades. A análise pode ser realizada com base em grandes regiões ou locais específicos.

O objetivo deste estudo foi analisar a aplicabilidade de uso do Barômetro da Sustentabilidade na avaliação da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar. Para isso, foram selecionados dois períodos e dois municípios no estado de São Paulo: um município onde houve expansão da cana no período selecionado; e outro onde não houve crescimento da área plantada de cana.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREAS DE ESTUDO

Os dois municípios escolhidos para a aplicação da técnica, que visa análise dos impactos da expansão da cana-de-açúcar sobre a sustentabilidade local, foram Barretos e Jaboticabal. O município de Jaboticabal, no qual a atividade canavieira não cresceu no período 2000-2010, foi utilizado como controle; e o município de Barretos, como objeto de estudo. Assim, buscaram-se investigar a diferença na evolução dos indicadores e perceber a correlação entre expansão da cana e melhora/piora da sustentabilidade local (TROCHIM, 2013).

O município de Barretos está localizado no norte do estado de São Paulo. Está compreendido entre as latitudes  $-20,29^{\circ}$  e  $-20,74^{\circ}$  e as longitudes  $-48,34^{\circ}$  e  $-48,89^{\circ}$ ; possui uma altitude média de 630 metros e área de 156,360 mil hectares (IBGE, 2010). Barretos destaca-se por ter sido o município brasileiro em que a cana mais avançou nos últimos anos, com um aumento de 190% entre 2000 e 2010 (CANASAT, 2012). Em função do grande avanço dessa cultura, em um espaço de tempo pequeno, este foi escolhido para a avaliação de seus impactos sobre a sustentabilidade do local.

Já o município de Jaboticabal está localizado na mesorregião de Ribeirão Preto, no estado de São Paulo. Está compreendido entre as latitudes  $-21,06^{\circ}$  e  $-21,37^{\circ}$  e as longitudes  $-48,13^{\circ}$  e  $-48,46^{\circ}$ ; possui uma altitude média de 607 metros e área de 70,649 mil hectares (IBGE, 2010). O município destaca-se por possuir um setor canavieiro forte desde a década de 1990. Porém, a expansão da área, entre 2000 e 2010, foi de apenas 2%. Assim, este foi considerado adequado como controle, pois se pode estudar os indicadores da região e esperar que estes oscilem por conta de outros fatores que não o crescimento da cana.

Segundo o mapa de Biomas do IBGE (2004), ambas as áreas de estudo encontram-se no Bioma Cerrado.

## 2.2 BARÔMETRO DA SUSTENTABILIDADE

O Barômetro da Sustentabilidade, utilizado neste trabalho, foi desenvolvido por um conjunto de especialistas ligados ao *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) e ao *International Development Research Center* (IDRC). O principal objetivo do método é auxiliar na análise da sustentabilidade; é destinado a agências governamentais e não governamentais e a tomadores de decisão (VAN BELLEN, 2005).

A hipótese fundamental do Barômetro da Sustentabilidade é que o desenvolvimento sustentável é uma combinação entre o bem-estar humano e o bem-estar ecossistêmico. Nesse método, as duas dimensões são consideradas conjuntas, mas medidas separadamente. A informação é organizada em dois subsistemas: pessoas (comunidades, economia e outros elementos) e ecossistema (serviços ecossistêmicos, processos e recursos) (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

Graymore *et al.* (2008) avaliam o Barômetro da Sustentabilidade como o método mais relevante para análise da sustentabilidade local, devido ao seu caráter holístico. Este cobre áreas relativas ao meio ambiente, economia e sociedade, com indicadores adaptados para a realidade local e componentes que avaliam a desigualdade dentro da população. Os autores ressaltam a importância das relações entre os indicadores e a sustentabilidade, o que torna possível a demonstração das relações entre saúde ambiental, bem-estar humano e a sustentabilidade.

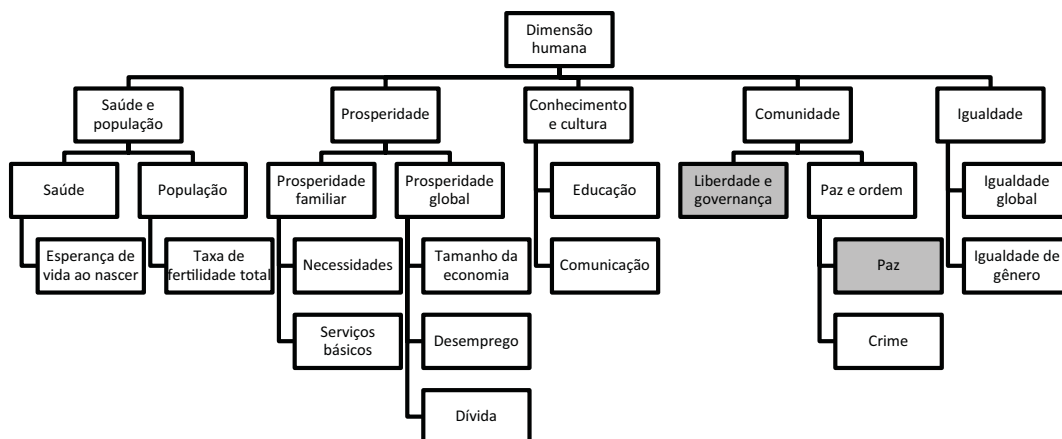
Como explica Van Bellen (2005), o Barômetro é dividido em cinco dimensões humanas e cinco ecossistêmicas, propostas para combinar uma série de aspectos em poucos grupos de importância igualmente significativa, abrangendo grande parte das preocupações da sociedade. Essas dimensões são divididas em elementos, que são os assuntos-chave que devem ser considerados para se fazer uma avaliação adequada da dimensão humana ou da ecossistêmica (caso os elementos sejam amplos demais, estes serão divididos em subelementos). Por exemplo, a dimensão prosperidade é fragmentada em dois elementos: prosperidade familiar e prosperidade global. Por sua vez, a prosperidade familiar é segmentada novamente em dois subelementos: necessidades e renda. Cada elemento (ou subelemento), é formado por um ou mais indicadores, dependendo de suas características. Para Prescott-Allen (2001), um indicador deve ser:

- Representativo: cobrir os aspectos mais importantes do elemento em análise, mostrar tendências ao longo do tempo e diferenças entre lugares e grupos de pessoas;
- Confiável: refletir a respeito quando o objetivo proposto foi atingido, com fundamentação e precisão;
- Factível: sustentar-se na disponibilidade dos dados, ou seja, na facilidade de obtenção e em seus custos.

Caso o indicador não atenda a esses critérios, ou simplesmente não esteja disponível, este deve ser substituído ou excluído. As Figuras 1 e 2 mostram as dimensões, elementos, subelementos, enquanto os Quadros 1 e 2 apresentam os indicadores utilizados nesta análise, suas respectivas fontes e as escalas empregadas para as dimensões humana e ecossistêmica, respectivamente.

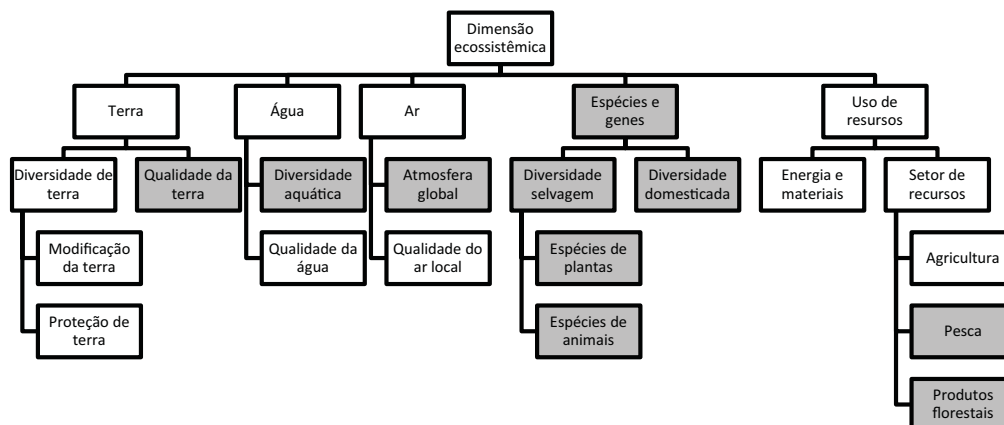
Nesse procedimento, o número de indicadores utilizados depende principalmente da disponibilidade de dados e da série histórica existente. Araújo *et al.* (2013) aplicaram o Barômetro para o município de Touros (RN). Para tanto, usaram apenas 13 indicadores, sendo nove da dimensão humana e quatro da dimensão ecossistêmica. A falta de indicadores ecossistêmicos é mais comum, como em Guimarães *et al.* (2010), que utilizaram apenas dois indicadores para a dimensão ambiental. Evidentemente, a falta de dados (indicadores) pode prejudicar a análise, distorcendo os resultados.

**Figura 1: Elementos e subelementos da dimensão humana**



Fonte: Adaptado de Prescott-Allen (2001)

**Figura 2: Elementos e subelementos da dimensão ecossistêmica**



Fonte: Adaptado de Prescott-Allen (2001)

Os aspectos marcados em cinza nas Figuras 1 e 2 não foram utilizados neste trabalho, pois não há indicadores adequados segundo os critérios anteriormente apresentados. No total, utilizaram-se 33 indicadores, sendo 17 da dimensão humana (Figura 1) e 16 da dimensão ecossistêmica (Figura 2). Estes foram combinados em índices.

**Quadro 1: Indicadores da dimensão humana**

Elemento	Indicador	Fonte	Escala do Barômetro da sustentabilidade				
			0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Saúde	Expectativa de vida	SUS	30-45	45-60	60-70	70-75	75-85
População	Taxa de fecundidade total	SEADE-SP	8,2-5,0	5,0-3,4	3,4-2,6	2,6-2,2	2,2-1,2
Prosperidade	Porcentagem de bebês com subpeso	SEADE-SP	100-50	50-35	35-20	20-10	10-0
	Porcentagem da população com saneamento básico	IBGE	0-50	50-65	65-80	80-90	90-100
	Porcentagem da população com água tratada	IBGE	0-50	50-65	65-80	80-90	90-100
	PIB per capita (em mil reais de 2010)	SEADE-SP	0-2	2-5	5-10	10-20	20-40
	Taxa de desemprego anual	IBGE	35-25	25-15	15-10	10-5	5-0
	Valor da dívida em relação ao PIB (%)	Ministério da Fazenda	160-80	80-48	48-24	24-12	12-0
Conhecimento e cultura	Inscrições de crianças no primeiro grau escolar (%)	IBGE	0-30	30-60	60-80	80-90	90-100
	Inscrições de crianças no segundo grau escolar (%)	IBGE	20-60	60-80	80-90	90-95	95-100
	Domicílios com linha telefônica (%)	IBGE	0-6	6-12	12-25	25-50	50-100
Comunidade	Homicídios (por 100.000 habitantes)	SEADE-SP	80-40	40-20	20-10	10-5	5-0
	Estupros (por 100.000 habitantes)	SEADE-SP	160-80	80-40	40-20	20-10	10-0
Igualdade	GINI	IBGE	1-0,8	0,8-0,5	0,5-0,4	0,4-0,2	0,2-0
	Razão entre renda masculina e feminina	IBGE	9-5	5-3	3-2	2-1,5	1,5-1
	Diferença média de escolaridade masculina e feminina (%)	IBGE	80-40	40-20	20-10	10-5	5-0
	Porcentagem feminina no parlamento (%)	Prefeituras municipais de Jaboticabal e Barretos	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50

**Fonte: os autores**

**Quadro 2: Indicadores da dimensão ecossistêmica**

Elemento	Indicador	Fonte	Escala do Barômetro da sustentabilidade				
			0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Terra	Área convertida/total da área <sup>1</sup> (%)	Canasat/INPE	100-80	80-60	60-40	40-20	20-0
	Área protegida (%)	MMA	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20	20-40
	Fração com cobertura vegetal nativa (%) <sup>2</sup>	CTBE	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Água	Oxigênio dissolvido <sup>3</sup>	ANA	1-3	3-4	4-6	6-9	9-12
	DBO <sup>4</sup>	ANA	30-15	15-9	9-5	5-3	3-0
	Nitrogênio total <sup>5</sup>	ANA	25-2,5	2,5-1,5	1,5-0,75	0,75-0,3	0,3-0
	pH	ANA	4,5-5,3	5,3-6	6-6,3	6,3-6,5	6,5-8,5
	Fósforo total <sup>6</sup>	ANA	1,25-0,125	0,125-0,05	0,05-0,025	0,025-0,01	0,01-0
	Coliformes fecais (número/100ml)	ANA	10000-1000	1000-100	100-30	30-10	10-0
Ar	Dióxido de enxofre <sup>7</sup>	CETESB	400-200	200-100	100-50	50-25	25-0
	Dióxido de nitrogênio <sup>8</sup>	CETESB	320-160	160-80	80-40	40-20	20-0
	Concentração PM10 <sup>9</sup>	CETESB	400-200	200-100	100-50	50-25	25-0
Uso de recursos	Consumo de energia por hectare (GJ/ha)	Secretaria de Energia	640-320	320-160	160-80	80-40	40-0
	Consumo de energia por pessoa (GJ/pessoa)	Secretaria de Energia	640-320	320-160	160-80	80-40	40-0
	Alimento produzido por hectare (toneladas)	IBGE	0-1	1-2	2-4	4-8	8-16
	Produção de alimentos (% de alimentos/total da agricultura)	IBGE	0-50	50-65	65-80	80-90	90-100
<sup>1</sup> Porcentagem de terra com mudanças no seu uso no período de tempo estudado. <sup>2</sup> Porcentagem de área com vegetação natural. <sup>3</sup> Em mg/l – Fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. <sup>4</sup> Em mg/l – Quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. <sup>5</sup> Em mg/l – Concentração de nitrogênio na água: altas concentrações causam problemas de saúde. <sup>6</sup> Em mg/l – Excesso pode causar a eutrofização das águas. <sup>7</sup> Em µg/m <sup>3</sup> - Concentração de dióxido de enxofre na atmosfera: pode resultar formação de chuva ácida. <sup>8</sup> Em µg/m <sup>3</sup> - Concentração de dióxido de nitrogênio na atmosfera: altas concentrações causam danos à saúde. <sup>9</sup> Em µg/m <sup>3</sup> - Concentração de partículas inaláveis: as de cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm.							

**Fonte: os autores**

Devido às inúmeras escalas e unidades, precisou-se definir *scores* na avaliação: em uma escala de 0-100, o melhor *score* para o indicador é cem; o pior, zero.

Assim, o Barômetro é composto por:

- Dois eixos: um para a dimensão humana e outro para a dimensão ecossistêmica. Isso permite que os indicadores sejam combinados independentemente, mantendo-os separados para a análise das interações sociedade-meio ambiente;
- Os eixos são sobrepostos, de forma a evitar que uma pontuação alta para a dimensão humana compense uma baixa pontuação da dimensão ecossistêmica



(ou vice-versa), o que reflete a visão de que as duas dimensões são igualmente importantes e que o desenvolvimento sustentável deve melhorar e manter a qualidade das duas dimensões;

- Cada eixo é dividido em cinco bandas. Isso permite definir não só os pontos de máximo e mínimo, mas também pontos intermediários na escala para maior flexibilidade e controle.

As bandas na escala do Barômetro são segmentadas entre 20 e 20 pontos, sendo atribuída a classificação: “bom”, para a faixa de 81 a 100; “justo”, de 61 a 80; “médio”, de 41 a 60; “pobre”, de 21 a 40; “ruim”, de 1 a 20; e a base zero. O que estabelece o *score* de cada indicador são os critérios de *performance* (ou limiares). Para Van Bellen (2005), a existência de bandas de *performance* não só permite comparar diferentes sociedades, para observar qual destas tem melhor desempenho, mas também identificar o estado da sociedade estudada.

Os critérios de *performance* são usados para limitar a base e o topo da escala. Estes são definidos de acordo com sete procedimentos: 1) estimativa de taxa sustentável; 2) estimativa de taxa natural antecedente – consiste na mudança ou evolução de um indicador que ocorreria sem a interferência do Homem (por exemplo, sem o Homem, a taxa de desmatamento seria de 0% ao ano); 3) padrões internacionais; 4) objetivos internacionais; 5) opinião de especialistas; 6) base de indicadores relacionados; 7) julgamento dos formuladores do Barômetro. A Figura 3 apresenta um exemplo de como são pontuados os indicadores.

**Figura 3: Exemplo de critérios de *performance* para pontuação dos indicadores (área protegida como % da área total)**

Escala do indicador	Escala do barômetro
topo do bom - 40	100 - topo do bom
base do bom topo do justo - 20	80 - base do bom - topo do justo
base do justo topo do médio - 10	60 - base do justo - topo do médio
base do médio topo do pobre - 5	40 - base do médio - topo do pobre
base do pobre topo do ruim - 2,5	20 - base do pobre - topo do ruim
valor base - 0	- valor base

**Fonte: os autores**

A associação entre os valores do indicador e a escala do Barômetro é feita de duas maneiras: 1) quando a melhor *performance* está associada ao valor mais alto do



indicador e a pior *performance* ao valor mais baixo (por exemplo, área protegida como % da área total); ou, 2) ao contrário, quando a *performance* é melhor quando o indicador é menor; e a *performance* é pior quando o valor é maior (por exemplo, mortalidade infantil). As Equações 1 e 2 apresentam como as escalas do Barômetro foram construídas.

$$\{[(\text{Valor do indicador} - \text{valor base do indicador}) \div (\text{valor topo do indicador} - \text{valor base do indicador})] * 20\} + \text{pontuação base da banda na escala do Barômetro} \quad \text{Eq. 1}$$

Nas duas equações os termos “topo” e “base” referem-se à banda na qual o indicador encontra-se. O “valor do indicador” é o valor do indicador que está sendo estudado. A Equação 1 é usada nos casos semelhantes ao indicador “área protegida como % da área total”; e a Equação 2 nos casos análogos ao indicador “mortalidade infantil”.

$$\text{Pontuação topo da banda na escala do Barômetro} - \{[(\text{valor do indicador} - \text{valor base do indicador}) \div (\text{valor topo do indicador} - \text{valor base do indicador})] * 20\} \quad \text{Eq. 2}$$

Nesse procedimento, são estimados quatro índices: o índice de bem-estar humano (*Human Wellbeing Index* – HWI, em Língua Inglesa); o índice de bem-estar do ecossistema (*Ecosystem Wellbeing Index* – EWI, em Língua Inglesa); o índice de bem-estar (*Wellbeing Index* – WI, em Língua Inglesa), que é um índice gráfico, representado pelo ponto em que o HWI e o EWI encontram-se no Barômetro da sustentabilidade; e o índice de bem-estar/estresse (*Wellbeing/Stress Index* – WSI, em Língua Inglesa), que mede a razão entre bem-estar humano e estresse ecossistêmico.

Há três alternativas para a estimativa dos índices citados acima:

- Média: o índice é o resultado da média da pontuação dos indicadores que o compõem;
- Média ponderada: os componentes recebem diferentes pesos e a média é calculada de acordo com o seu peso;
- Veto: o índice recebe o menor valor entre os indicadores que o compõem.

Já o WSI é calculado em dois passos: primeiramente, o EWI é subtraído de 100, formando o Índice de Estresse Ecossistêmico (*Ecosystem Stress Index* – ESI). Depois, o HWI é dividido pelo valor do ESI.

Aplicou-se o método do Barômetro da Sustentabilidade para as duas cidades em estudo, para os anos de 2000 e 2010. Para verificar o efeito da expansão da cana-de-açúcar sobre a sustentabilidade, foi feita a comparação entre os dois municípios: Barretos, com forte expansão da cultura canavieira, e Jaboticabal, com estabilização da produção.

### 3 RESULTADOS

A combinação dos 33 indicadores resultou em nove índices, um para cada elemento de cada dimensão, com a exceção de espécies e genes, que, por falta de dados, não foi analisado. Na Tabela 1, apresentam-se os resultados para Barretos e Jaboticabal para os índices dos elementos nos anos de 2000 e 2010.

**Tabela 1: Resultados dos índices para cada elemento do Barômetro para os anos de 2000 e 2010**

Elemento	2000		2010	
	Barretos	Jaboticabal	Barretos	Jaboticabal
Dimensão humana				
Saúde e População	57,0	55,4	59,5	58,6
Prosperidade	78,1	78,7	84,3	86,9
Conhecimento e cultura	58,8	58,6	69,1	57,2
Comunidade	83,6	72,9	61,4	73,1
Igualdade	25,8	34,3	31,7	38,8
Dimensão ecossistêmica				
Terra	32,9	10,4	22,9	9,7
Água	26,7	17,6	23,6	27,5
Ar	90,4	90,4	70,4	66,4
Uso de Recursos	90,9	69,8	71,7	64,7

**Fonte: os autores**

Na análise dos índices, nota-se um contraste entre a evolução da dimensão humana e da dimensão ecossistêmica. Enquanto na dimensão humana Barretos evoluiu 0,9% e Jaboticabal 5%, os dois municípios tiveram uma queda considerável na dimensão ecossistêmica: Barretos com 20% e Jaboticabal com 10%.

Na dimensão humana, na qual houve melhorias nos dois municípios, o maior avanço foi no índice igualdade, principalmente pela igualdade global, representada pelo índice de Gini, o qual teve uma redução expressiva, tanto em Barretos quanto em Jaboticabal. Em Barretos, o índice de Gini passou de 0,86 para 0,69, o que rendeu um acréscimo de 95% na pontuação. Já Jaboticabal foi de 0,84 para 0,66, aumentando 84% sua pontuação.

Diferentemente do índice igualdade, o de conhecimento e cultura apresentou evolução divergente, entre os anos de 2000 e 2010, para os dois municípios: Barretos teve aumento de 17%; e Jaboticabal, redução de 2%. Essa divergência pode ser explicada pela diminuição das matrículas no Ensino Médio, no município de Jaboticabal, com redução de 7%, em comparação com um aumento de 8% em Barretos.



Outra evolução a ser destacada é a do índice comunidade. A redução para Barretos foi expressiva entre 2000 e 2010: 26% de queda. Já Jaboticabal apresentou resultado praticamente estável, com 0,2% de aumento. Em Barretos, a queda nesse índice resultou em um salto no número de homicídios, passando de seis homicídios por 100 mil habitantes, em 2000, para 19 homicídios por 100 mil habitantes em 2010; ou seja, trata-se de um crescimento de 180% em dez anos. Em contrapartida, a taxa de homicídios em Jaboticabal foi reduzida em 13% no mesmo período.

Na dimensão ecossistêmica, a única ocorrência de melhora na pontuação foi no elemento água no município de Jaboticabal. O aumento foi de 56%, devido à grande melhora no indicador do teor de fósforo na água doce do município (nos rios nos quais há medições de qualidade).

Já a queda mais acentuada na pontuação foi no município de Barretos, para o elemento terra. A falta de áreas de proteção permanente e a quantidade de terra convertida em outros usos ajudaram no mau desempenho, principalmente em Barretos. Como a produção de cana-de-açúcar não foi considerada para fins alimentares, o seu plantio extensivo e sua expansão sobre culturas frutíferas nos últimos dez anos, no município de Barretos, prejudicaram o resultado dos municípios no elemento uso de recursos. Os índices agregados em três categorias são apresentados na Tabela 2.

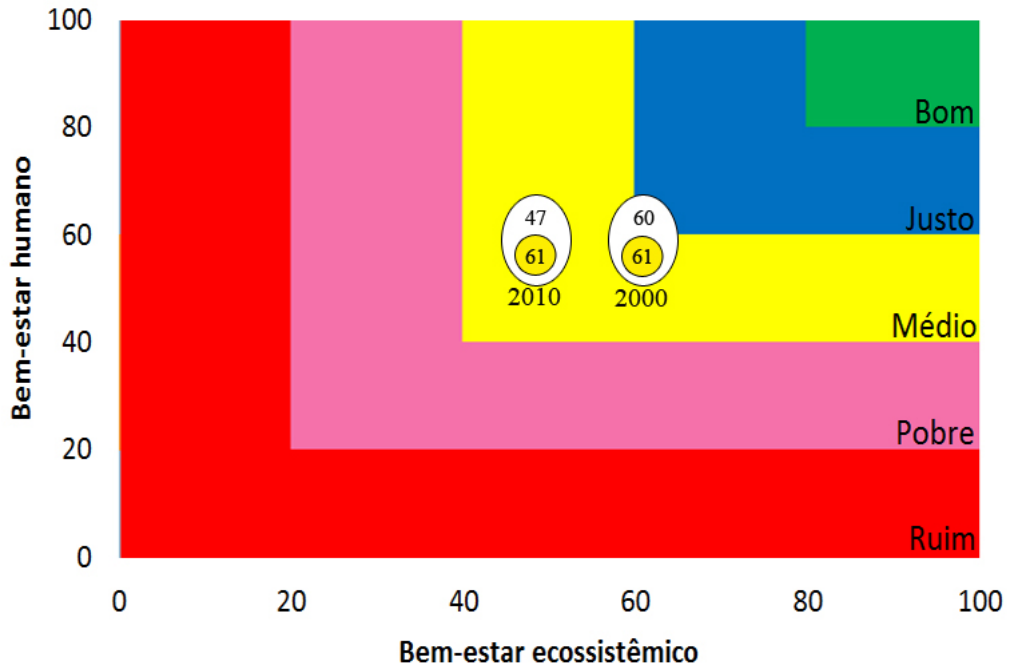
**Tabela 2: Índices de bem-estar humano (HWI), bem-estar ecossistêmico (EWI) e de bem-estar/estresse (WSI)**

Índice	2000		2010	
	Barretos	Jaboticabal	Barretos	Jaboticabal
HWI	60,66	59,99	61,21	62,91
EWI	60,21	47,03	47,14	42,07
WSI	1,52	1,13	1,16	1,09

**Fonte: os autores**

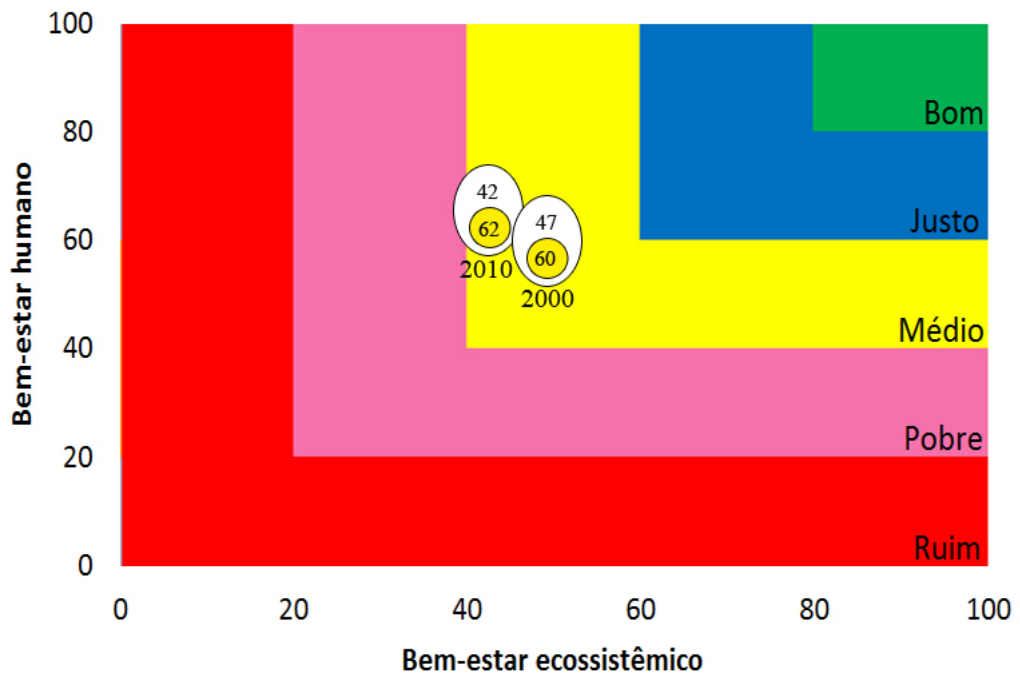
A representação dos resultados nas Figuras 4 e 5, para Barretos e Jaboticabal, respectivamente, é feito na forma de um ovo. O índice de bem-estar (*Wellbeing Index*) é representado pelo ovo, para os anos de 2000 e 2010. A gema, parte amarela interior, representa o bem-estar humano. A clara, de cor branca, representa o bem-estar ecossistêmico. Pode-se observar nas figuras 4 e 5 que os dois municípios mantiveram-se em patamar médio, com pouco retrocesso em Jaboticabal, mas significativo declínio ecossistêmico em Barretos.

Figura 4: Índice de bem-estar no Barômetro da sustentabilidade para Barretos em 2000 e 2010



Fonte: os autores

Figura 5: Índice de bem-estar no Barômetro da Sustentabilidade para Jaboticabal, em 2000 e 2010.



Fonte: os autores

O bem-estar humano ideal, de acordo com Prescott-Allen (2001), é a condição na qual todos os membros da sociedade são capazes de determinar e atender suas

próprias necessidades, com amplas oportunidades para isso. O HWI está diretamente ligado à definição de desenvolvimento humano, estabelecida pelo Programa para o Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD), para o qual desenvolvimento é um processo de ampliação de oportunidades. Uma vida saudável, educação e renda adequadas são recursos essenciais desse processo e são aspectos considerados no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do *United Nations Development Programme* (UNDP). O HWI, no entanto, abrange outros aspectos de igual importância para a qualidade de vida, tanto do indivíduo quanto da sociedade (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

Para atingir um bom HWI, um município (estado, ou país) deve ter bom desempenho em todas as dimensões consideradas, o que não acontece nos dois municípios estudados. Em saúde, população, conhecimento e cultura, tanto Barretos quanto Jaboticabal apresentaram apenas um desempenho “médio”; e, em igualdade, um desempenho “pobre”. Para prosperidade, o desempenho foi categorizado como “justo” para os dois municípios. No quesito “comunidade” Barretos alcançou “bom”, enquanto Jaboticabal apenas “justo”. Entre 2000 e 2010, poucas foram as mudanças de desempenho. Em comparação com o Brasil, os dois municípios têm indicadores acima da qualidade de vida média do País. Em 2000, o país apresentou uma pontuação de 45, o que o representa um desempenho “médio” (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

O resultado do estudo indica um pequeno aumento no bem-estar humano nas duas cidades. Assim, pode-se dizer que a expansão da cana-de-açúcar não trouxe impactos negativos sobre essa dimensão no período estudado. Com essas conclusões, não se tenta negar eventuais problemas decorrentes da expansão da cultura, que podem estar relacionados, por exemplo, com a qualidade do trabalho, a migração de trabalhadores e os prejuízos à saúde por conta das queimadas (RONQUIM, 2010). Tais impactos, no entanto, não transparecem nos indicadores e elementos usados no Barômetro da Sustentabilidade. Outra hipótese a ser estudada é como teria sido a evolução dos indicadores na hipótese de não expansão da produção de cana-de-açúcar. Porém, o Barômetro da Sustentabilidade não é a metodologia adequada para essas análises.

O bem-estar do ecossistema (EWI) é a condição que mantém sua diversidade e qualidade; tanto sua capacidade de dar suporte às pessoas e ao resto da vida, quanto seu potencial de adaptar às mudanças e fornecer oportunidades no futuro (PRESCOTT-ALLEN, 2001). A qualidade do ecossistema inclui a sua capacidade de manter o ciclo de crescimento, a produtividade e a integridade físico-química do solo, água e atmosfera. Assim, atividades que pressionam o ecossistema, por conversão e ocupação, e a extração de recursos, além de sua capacidade de recuperação natural, provocam a diminuição de sua diversidade e qualidade, reduzindo sua habilidade de dar suporte à vida.

Neste estudo, foi possível notar uma diminuição na qualidade do ecossistema nas duas cidades, com redução principalmente em Barretos. No caso do bem-estar ecossistêmico, pode-se relacionar a expansão da cana-de-açúcar com a diminuição

da qualidade do ecossistema local, pela intensa conversão de terras, que por si só é um indicador de desempenho “ruim”. Também pesou negativamente, pelas hipóteses consideradas no estudo, a expansão da cana-de-açúcar sobre culturas alimentares, embora seja questionável que o cultivo de laranja traga reais benefícios à oferta local de alimentos

O índice bem-estar/estresse (WSI) mostra a relação entre bem-estar humano e o estresse sobre o ecossistema. Um WSI igual a quatro, por exemplo, indica que o nível de bem-estar humano é quatro vezes maior que o estresse sobre o ecossistema. Para esse índice, Prescott-Allen (2001) admite como “bom” um WSI maior que quatro. Um WSI maior que dois é considerado “justo”; de um a dois, “médio”; de 0,5 a um, “pobre”; e menos que 0,5, ruim. No caso estudado, as duas cidades mantiveram-se no patamar “médio”, sendo que Barretos perdeu consideráveis 36 décimos em dez anos, contra quatro décimos perdidos por Jaboticabal.

Sobre a ótica de Prescott-Allen (2001), uma diminuição do bem-estar ecossistêmico deveria ter uma contrapartida do bem-estar humano. Ou seja, caso haja uma diminuição na qualidade do bem-estar ecossistêmico, o bem-estar humano deveria crescer. Isso não aconteceu em Barretos.

Observando os resultados do índice de bem-estar, conclui-se que a metodologia não leva a um bom resultado de desempenho geral quando uma de suas dimensões (bem-estar humano ou o bem-estar ecossistêmico) não possui boa pontuação. Os municípios estudados têm desempenho médio nas duas dimensões, o que Kronemberger *et al.* (2008) consideram municípios intermediários, entre quase insustentável e quase sustentável.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, são descritos os procedimentos de aplicação da metodologia Barômetro da Sustentabilidade em dois municípios do estado de São Paulo, entre os anos 2000 e 2010. Em ambos, a cana-de-açúcar tem importância, mas em um destes houve forte expansão (Barretos), enquanto em outro houve estabilização da área plantada (Jaboticabal).

Dos resultados obtidos, pode-se concluir que possivelmente houve impacto negativo da cana-de-açúcar sobre a sustentabilidade (bem-estar ecossistêmico) no município no qual houve expansão, mas também se verifica piora do mesmo indicador (menos acentuada) em Jaboticabal. No período de dez anos, certamente houve variação em outros fatores além do que é o objeto da avaliação (expansão da cana). É impossível com a metodologia aqui aplicada avaliar o impacto isolado da cana sobre a qualidade ecossistêmica nos dois municípios. De qualquer forma, comparativamente, o resultado pior, no município no qual a cana cresceu significativamente, chama a atenção.

Analogamente, o município sem expansão da cana obteve uma leve melhora no indicador de bem-estar humano, contra uma estabilização do indicador no município



em que houve forte expansão. Da mesma forma, embora não seja possível atribuir os resultados exclusivamente ao distinto crescimento da atividade canavieira, destaca-se o melhor desempenho em Jaboticabal.

O Barômetro da Sustentabilidade não é uma metodologia que permite a análise dos impactos de atividades econômicas específicas em regiões nas quais a evolução social e econômica é complexa. Além disso, os resultados podem ser influenciados por hipóteses, tais como a alteração de culturas alimentares para culturas energéticas, como a que foi feita neste trabalho. De qualquer forma, os resultados aqui apresentados indicam pior desempenho comparativo do município no qual o cultivo da cana cresceu muito, o que precisa ser bem estudado.

## 5 REFERÊNCIAS

ADAMI M.; RUDORFF B. F. T.; FREITAS R. M.; AGUIAR D. A.; SUGAWARA L. M.; MELLO M. P. **Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil.** Sustainability, 4:574-585. 2012.

ARAÚJO, G.c. *et al.* Diagnosis of sustainability in the Brazilian city of Touros: An application of the barometer of sustainability. **Holos**, Natal, v. 2, n. 29, p.161-171, abr. 2013.

CANASAT. Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>. Acesso em: 5 de dezembro de 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, safra 2011/2012.** Brasília, 2011. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_12\\_12\\_10\\_34\\_43\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_12\\_2011.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2011.pdf). Acesso em: 13 de abril 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2009. 55 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021.** Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, Brasília, Brazil, 2012. 387 p.

GRAYMORE, Michelle L. M.; SIPE, Neil G.; ROCKSON, Roy E.. Regional sustainability: How useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale?. **Ecological Economics**, Victoria, n. 67, p.362-372, jul. 2008.

GUIMARÃES, Lucy Teixeira; TURETTA, Ana Paula Dias; COUTINHO, Heitor Luiz da Costa. Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado do Mato Grosso do Sul. **Sociedade&natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 22, p.313-327, ago. 2010.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área territorial oficial - 2010**. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.shtm>. Acesso em: 15 de maio de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas do Brasil**. Diretoria de Geociências, São Paulo, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/>. Acesso em: 15 de maio de 2013.

KRONEMBERGER, Denise Maria Penna *et al.* Desenvolvimento sustentável no Brasil: Uma análise a partir da aplicação do Barômetro da Sustentabilidade. **Sociedade & natureza**, Uberlândia, n. , p.25-50, jun. 2008.

PRESCOTT-ALLEN, R. **The well-being of nations: A country-by-Country Index of Quality of Life and the Environment**. Island Press, Washington, DC. 342 p. 2001.

RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita de cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. Campinas: Embrapa, 2010. 45 p.

TROCHIM, W. M. K. **Establishing a Cause-Effect Relationship**. Disponível em: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/causeeff.php>. Acesso em: 30 de junho de 2013.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Dados e Cotações – Estatísticas, Produção Brasil, 2009**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>. Acesso em: 10 de maio de 2012.

