



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS  
EXATAS



## **CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO: O CASO DA FULIGEM EM PIRACICABA – SP.**

**BEATRIZ MARQUES GABELINI**

Orientador: Prof. Dr. José Gilberto de Souza

*“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de (nome do curso) do (Instituto de origem) – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2015”.*

Rio Claro – SP  
2015



Ministério  
da Ciência e  
Tecnologia



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

BEATRIZ MARQUES GABELINI

CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO  
SETOR SUCROALCOOLEIRO: O CASO DA FULIGEM EM  
PIRACICABA – SP.

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Câmpus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para  
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP  
2015

BEATRIZ MARQUES GABELINI

CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO  
SETOR SUCROALCOOLEIRO: O CASO DA FULIGEM EM  
PIRACICABA – SP

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Câmpus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para  
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora  
Prof. Dr. José Gilberto de Souza (orientador)  
Prof. Dr. Fabrício Gallo  
Profa. Dra. Clauciana Schmidt Bueno de Moraes

Rio Claro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura da aluna

Assinatura do orientador

***Aos meus pais,  
Nelson e Regina, pelo constante  
encorajamento, força e apoio durante  
esta jornada.***

***Aos meus irmãos,  
Manuella, Pedro Henrique e João Felipe,  
por serem razão da minha alegria.***

***Dedico, com carinho, esta pesquisa.***

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço aos meus Pais, que me deram a vida e me ensinaram princípios e valores, que me fizeram caminhar e alcançar meus objetivos até hoje. Obrigada pelas preocupações nas noites mal dormidas, pelas ligações infinitas, puxões de orelha e broncas. Obrigada porque se fizeram presente em todos os anos que estive fora de casa e não me deixaram desistir. Obrigada pelo amor, carinho, atenção e dedicação!

Aos meus irmãos, Manuella, Pedro Henrique e João Felipe, pela força, apoio e cumplicidade. Agradeço, principalmente, pelas brigas que tivemos, pois elas me fizeram crescer e amadurecer. Contem comigo, sempre.

À toda a minha família, que de forma direta ou indireta, torceram por mim e me apoiaram nessa caminhada.

Aos amigos que fiz durante estes anos, aqueles que me ofereceram o ombro pra chorar, que me incentivaram nos dias difíceis, que me deram conselhos, que me ajudaram com trabalhos, seminários, provas; que me deram força quando eu não tinha nenhuma. Muito obrigada.

Quero agradecer, especialmente, aos amigos da Rep. Vuco Vuco, que desde 2010 fazem parte da minha vida. Vocês são muito especiais e de alguma forma contribuíram para minha formação. Muito obrigada pelas festas e loucuras vividas juntos.

Em especial, Maresia, Grilo, Painço, Gui, Piru, Saidera, Vini e Tcheka pela amizade e parceria durante estes anos. Sem vocês tudo ficaria mais difícil e sem graça, OBRIGADA!

Agradeço infinitamente a Rep. Whiskas, onde morei nos últimos 2 anos, pela paciência, parceria, confiança e pela harmoniosa convivência que mantivemos durante este tempo. Bruna, Mileni, Anelise e Juliana, obrigada por me aturarem todos os dias, e por respeitarem os meus dias de stress e de mau humor sem fim. Vocês são sensacionais! Obrigada mesmo!

Agradeço ao Vini e a Bety, ao Rafa e ao Felipe por disponibilizarem um espaço em sua residência para elaboração do experimento. Obrigada!

Agradeço ao Professor José Gilberto pelo apoio durante estes anos de pesquisa, pela amizade construída, pelos conselhos e dedicação acadêmica. Muito obrigada.

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geociências e Ciências Ambientais Aplicadas ao Petróleo – PRH 05/UNESP, ao PFRH/Petrobrás e ao PRH/ANP – FINEP/MCT, pelo apoio acadêmico e financeiro, indispensáveis à realização deste trabalho de conclusão de curso.

Para finalizar, agradeço a Deus por ter me proporcionando saúde e fé para seguir esta caminhada.

***“All progress takes place outside the  
comfort zone.”***

***(Michael John Bobak)***

## **RESUMO**

A busca por novas fontes de energia é consequência do aumento da demanda de energia consumida no mundo. Com a instabilidade política dos países detentores das maiores reservas de combustíveis fósseis e a eminência do esgotamento dos recursos naturais surge a preocupação de produzir uma energia mais limpa, desta forma, surgem os estudos com a biomassa, no caso, a cana de açúcar. Esta pesquisa tem como objetivo entender as relações do cultivo cana e da produção de etanol, caracterizando seus impactos socioambientais. Além disso, procura demonstrar a manifestação de um dos efeitos negativos gerados na fase agrícola. A prática da queima da cana é muito antiga, porém ainda muito utilizada. Esta gera efeitos diretos na saúde do trabalhador e da população, neste sentido, procuramos saber se a população está ciente desta prática e das suas implicações. Portanto, esta pesquisa justifica-se para colaborar com os estudos ligados a produção de energias mais limpas, para alcançar o desenvolvimento sustentável.

**Palavras chaves:** Cana de açúcar; Etanol; Impacto Socioambiental; Queimada.

## SUMÁRIO

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                    | 7  |
| 2. OBJETIVOS.....                                                     | 9  |
| 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....                              | 10 |
| 4. METODOLOGIA.....                                                   | 18 |
| CAPÍTULO 1 - MATRIZ ENERGÉTICA, BIOMASSA E MEIO AMBIENTE.....         | 20 |
| CAPÍTULO 2 – A CANA DE AÇÚCAR.....                                    | 25 |
| 2.1 – Ciclo econômico da cana de açúcar.....                          | 25 |
| 2.2 - Modernização da Agroindústria Canavieira Brasileira.....        | 27 |
| 2.3 - Programa Nacional do Álcool.....                                | 30 |
| 2.4 – Panorama da produção sucroalcooleira brasileira e paulista..... | 32 |
| CAPÍTULO 3 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO                              |    |
| SETOR SUCROALCOOLEIRO.....                                            | 41 |
| 3.1 – Cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro.....                  | 41 |
| 3.2 – Fase industrial.....                                            | 41 |
| 3.2.1 – Fontes poluidoras da água.....                                | 42 |
| 3.2.2 – Fontes poluidoras do solo.....                                | 44 |
| 3.2.2.1 – Vinhaça.....                                                | 44 |
| 3.2.2.2 – Torta de Filtro.....                                        | 46 |
| 3.2.2.3 – Cinzas.....                                                 | 47 |
| 3.2.3 – Fontes poluidoras do ar.....                                  | 47 |
| 3.2.3.1 – Caldeiras.....                                              | 47 |
| 3.2.3.2 – Depósito de bagaço de cana.....                             | 48 |
| 3.3 – Fase agrícola.....                                              | 48 |
| CAPÍTULO 4 – A QUEIMADA DA CANA.....                                  | 50 |
| 4.1 - Processo de Colheita.....                                       | 51 |
| 4.2 – Efeitos da queimada à saúde.....                                | 56 |
| 4.2.1 – Material Particulado.....                                     | 57 |
| 4.2.2 – Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ).....                    | 57 |
| 4.2.3 – Óxido de nitrogênio (NO).....                                 | 58 |
| 4.2.4 – Ozônio (O <sub>3</sub> ).....                                 | 58 |
| 4.2.5 – Monóxido de Carbono (CO).....                                 | 58 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                          | 71 |
| 6. BIBLIOGRAFIA.....                                                  | 73 |

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população e o aumento do consumo de energia no mundo desencadearam a busca por novas fontes de energia. O aumento do consumo de energia, de origem fóssil (petróleo, carvão mineral, gás natural), cresceu após a revolução industrial trazendo consequências graves, como a poluição do ar, instabilidade política e mudanças climáticas. Além disso, a perspectiva de escassez dos combustíveis fósseis em um curto período de tempo tem indicado uma nova crise energética.

Neste sentido, a produção de biocombustíveis é vista como opção para substituir o uso do petróleo como combustível. Em termos ambientais, este gerado a partir da biomassa, matéria de origem vegetal, diminui a degradação ambiental resultantes dos processos produtivos, emissão de gases e partículas decorrentes da queima de combustíveis fósseis (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Atualmente, no Brasil, uma das alternativas mais viáveis de biocombustíveis é o etanol da cana-de-açúcar. Além dos fatores econômicos, a facilidade da cana-de-açúcar em se adaptar a diversos tipos de solo de clima e de relevo favorece a expansão da cultura no País. O estado de São Paulo se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar a partir do final década de 1920 e início da década de 1930 quando houve uma mudança do domínio da produção de açúcar que até então pertencia ao Nordeste (LOPES, 2011). Devido a essa acelerada expansão da produção da cana-de-açúcar no estado, houve um aumento na concorrência entre as antigas e as novas regiões produtoras, sendo que a expansão da área e a quantidade produzida deram-se, sobretudo na região oeste do estado, além das regiões tradicionais como Ribeirão Preto e Piracicaba (SOUZA, 2008; LOPES, 2011).

A região de Piracicaba é umas das mais desenvolvidas e tradicionais da produção de cana-de-açúcar. Na safra 2011, somente nesta região foram colhidos 59 644 mil hectares de cana-de-açúcar (IBGE, 2011). Diante desse contexto, torna-se fundamental analisar a produção do etanol e caracterizar seus impactos ambientais, já que, a produção brasileira de Biocombustível ainda não é suficientemente “limpa” em relação à degradação ambiental.

Para tanto, este trabalho se estrutura em quatro capítulos. O primeiro capítulo, denominado “Matriz energética, biomassa e meio ambiente” apresenta as questões da matriz energética, a importância da biomassa e a preocupação com o

meio ambiente. Na sequência, o segundo capítulo, “A cana de açúcar”, tem como objetivo apresentar as implicações que envolvem a cana de açúcar e o etanol; para compreender o aumento da demanda e posteriormente os impactos deste no meio ambiente. O terceiro capítulo, “Impactos ambientais no setor sucroalcooleiro”, se inicia com uma breve descrição da cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro para a compreensão dos impactos socioambientais observados na produção. Para finalizar a pesquisa, o capítulo quatro, “A queimada da cana”, tem como objetivo discutir a prática da queima, expor a manifestação da fuligem e a opinião da população piracicabana.

## **2. OBJETIVOS**

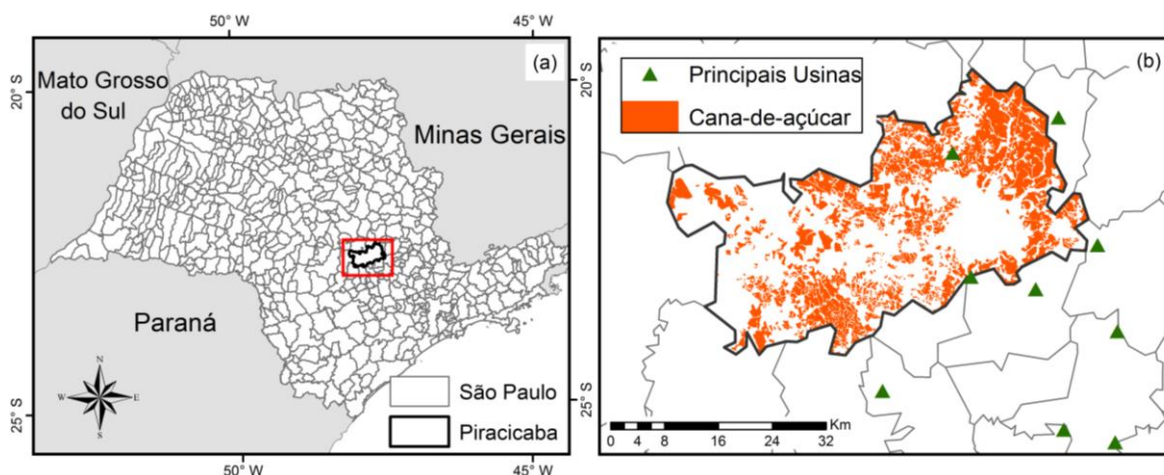
O principal objetivo da pesquisa é analisar de que forma a demanda internacional e nacional por novas fontes de energia, biocombustíveis, refletem socioambientalmente na região de Piracicaba no interior do Estado de São Paulo.

Delimitaram-se alguns objetivos específicos, como: compreender como a agroindústria da cana de açúcar se modernizou e influenciou o município; caracterizar os impactos ambientais gerados desde o cultivo até as etapas de processamento de seus principais subprodutos álcool e açúcar; e também, estudo de caso sobre a questão da fuligem gerada nos canaviais piracicabanos.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Piracicaba, interior do Estado de São Paulo, a noroeste da cidade de São Paulo, a 22°42'30"S e 47°38'01"W, com uma altitude de 546m. O município ocupa uma área de 1.376,913 km<sup>2</sup>, constam no perímetro urbano 31.5733 km<sup>2</sup> e 1.345,339 km<sup>2</sup> na zona rural. De acordo com dados do IBGE, a cidade é uma das mais populosas do estado, com cerca de 370 mil habitantes (Figura 1).

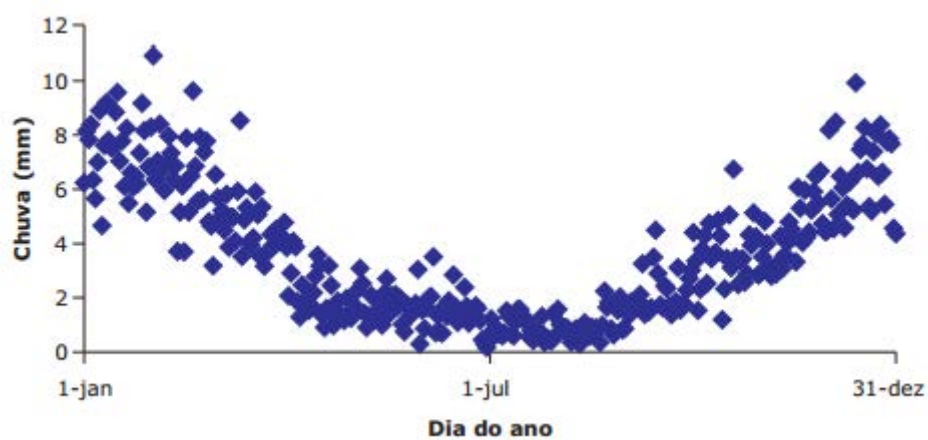
**Figura 1. Localização da Área de Estudo. (a) Estado de São Paulo, com destaque para o município de Piracicaba; (b) área plantada de cana-de-açúcar no município de Piracicaba e as principais usinas localizadas no município.**



**Fonte:** Canasat (INPE).

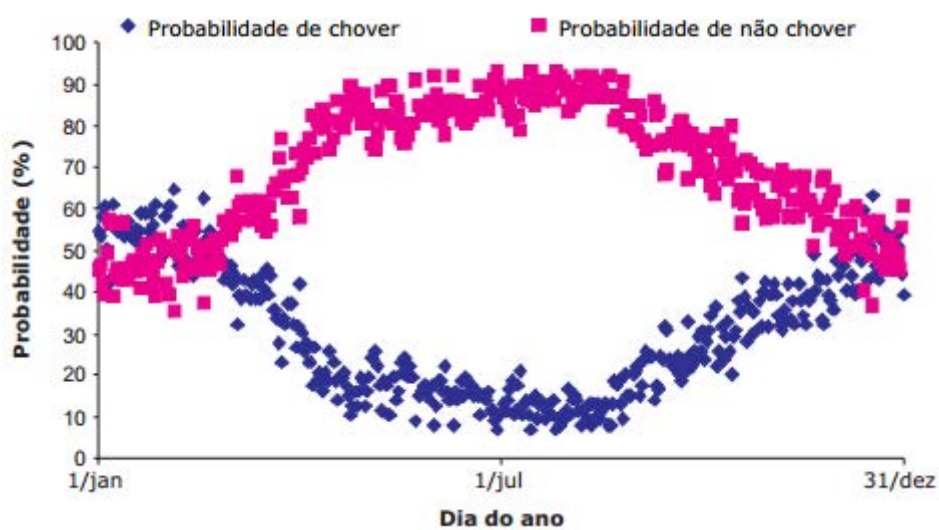
De acordo com a classificação de Köppen, o município de Piracicaba possui clima do tipo Cwah (tropical de altitude com estiagem no inverno). No mês de seca (junho, julho e agosto) o total de chuvas é de 26 mm e no mais chuvoso é de 217 mm, com média anual de 1.270 mm. (Gráficos 1,2 e 3)

**Gráfico 1. Caracterização da chuva diária em Piracicaba.**



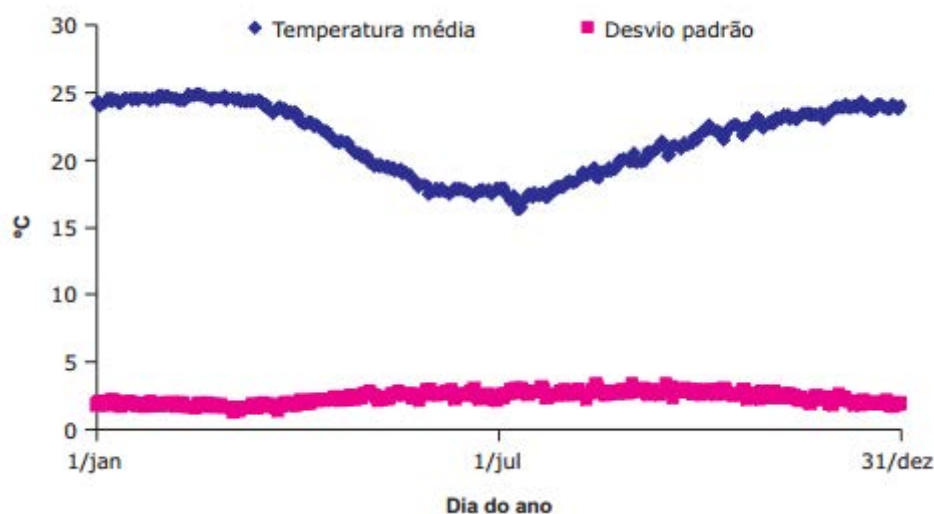
Fonte: Oliveira et. Al., 2006.

**Gráfico 2. Caracterização da probabilidade de chuva diária em Piracicaba.**



Fonte: Oliveira et. Al., 2006.

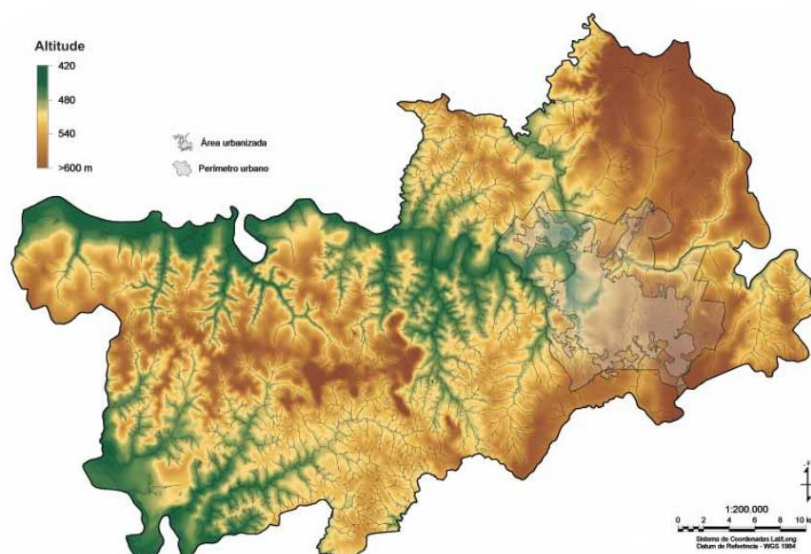
**Gráfico 3. Caracterização da temperatura em Piracicaba.**



**Fonte:** Oliveira et Al., 2006.

Quanto ao relevo, o município de Piracicaba apresenta uma depressão maior na parte central de seu território. Essa depressão segue o sentido leste-oeste do curso do Rio Piracicaba, acentua-se dentro dos limites da área urbana. No centro do município há uma região mais elevada que divide as bacias dos Rios Piracicaba e Tietê. A amplitude da altitude é de 360m, com as regiões mais baixas com cerca de 420m e as mais elevadas com 780m. (Oliveira et. Al., 2006). A figura 2 representa o perfil do relevo de Piracicaba:

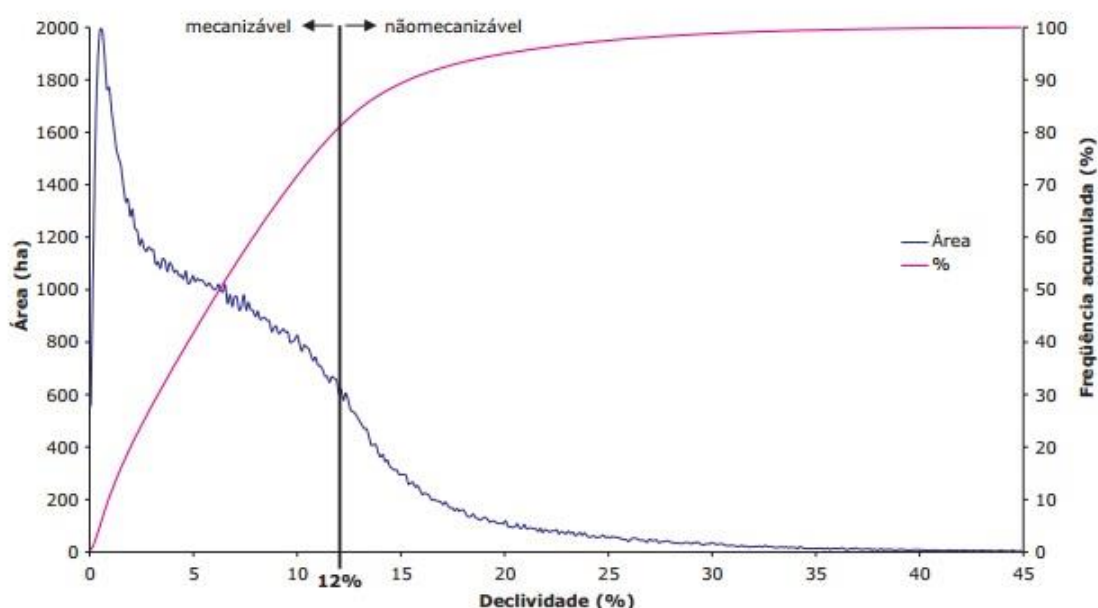
**Figura 2. Relevo de Piracicaba**



**Fonte:** Atlas Rural de Piracicaba 2006.

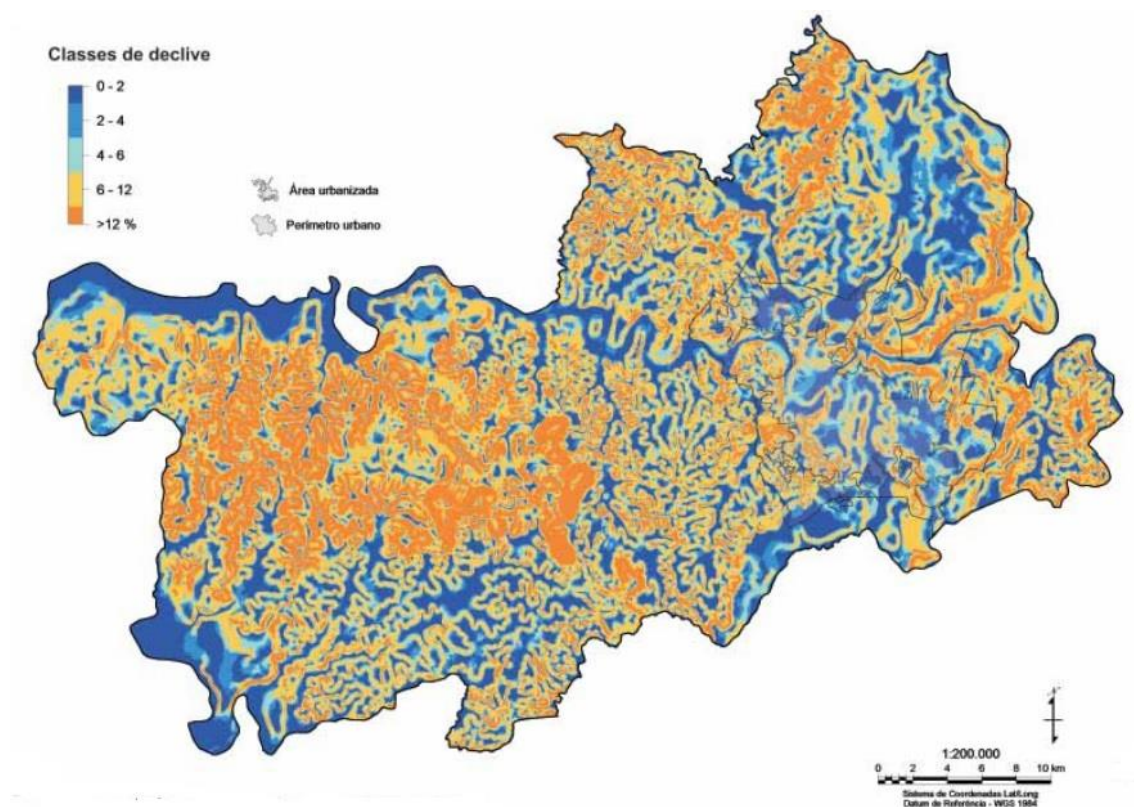
Em relação as outras regiões produtoras de cana-de-açúcar, o município de Piracicaba, possui relevo acidentado. Segundo Oliveira et. al (2006), os declives menores do que 5%, normalmente considerados como não restritivos à mecanização, ocorrem em 42% da área. Já as terras com mais declividade ocupam 20% da área e são as áreas menos aptas ou menos restritivas à mecanização da produção agrícola. As porções centrais e norte apresentam situação intermediária e a região oeste apresenta os valores mais elevados, predominando, as classes acima de 12% de declividade, como mostram o gráfico a seguir.

**Gráfico 4. Distribuição da declividade (%) em relação à área e frequência no município de Piracicaba, e indicação das áreas mais restritas e menos restritas de acordo com o valor de declividade, maior ou menor, respectivamente.**



Fonte: Oliveira et. Al., 2006.

**Figura 3. Declividade em Piracicaba**

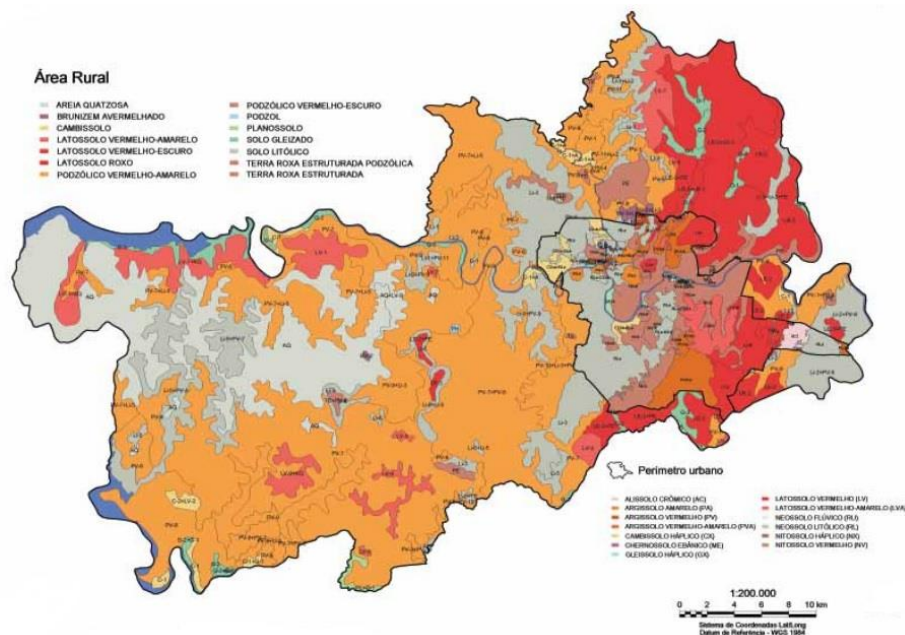


**Fonte:** Oliveira et. Al., 2006.

Na porção nordeste do município predomina diversos tipos de Latossolos. Os solos Latossolos, normalmente, apresentam textura média ou argilosa, são profundos e apresentam elevada capacidade de retenção de água. Desta forma, sua fertilidade é variável. Neste caso, predominam as classes de baixa fertilidade, que necessitam de correção e adubação para aumentar a produtividade. Devido ao relevo predominantemente plano ou suave ondulado, essas áreas são intensamente cultivadas com cana-de-açúcar. De acordo com Oliveira et. Al. (2006), a porção norte do município que drena para o Rio Corumbataí e a maior parte de sua porção central e sul são ocupados por solos Podzólicos, Brunizens, Litólicos, Cambissolos. Estes solos variam de acordo com sua textura, atributos químicos e profundidade grande.

O relevo volta a ser mais suave na porção oeste do município, mas devido ao tipo de substrato rochoso os solos tendem a ser bastante arenosos, predominando as Areias Quartzosas e solos Podzólicos e Litólicos arenosos. Nestes solos, a fertilidade é muito baixa assim como a capacidade de retenção de água, restringindo o cultivo de cana-de-açúcar para áreas menores da paisagem.

**Figura 4. Solos em Piracicaba**



**Fonte:** Oliveira et. Al., 2006.

A cana de açúcar ocupa maior parte do território piracicabano, porém está concentrada na região leste do município, estendendo a porção central e consequentemente envolvendo a área urbana. Existem mais duas áreas de plantio significativas, uma na região sudoeste e outra na região centro-oeste do município.

Os canaviais estão localizados nas áreas mais planas devido à sua elevada necessidade de utilização de máquinas para a exploração. Nestas áreas ocorrem principalmente os solos Latossolos que fornecem ótimas condições físicas para o cultivo.

A cana de açúcar também ocupa área de elevada declividade. Há três grandes regiões que concentram essa situação: 1) no oeste do município, principalmente na bacia do Ribeirão Cachoeira e Paramirim, englobando parte das bacias dos Ribeirões Capim Fino e Dois Córregos e na bacia do Ribeirão Tijucu Preto; 2) no norte do município, na região formada pelas bacias dos Ribeirões Limoeiro, Matão e Cachoeira; 3) no leste do município, principalmente na metade sul da bacia do Ribeirão do Paredão Vermelho. Nessas áreas a colheita é realizada manualmente, necessitando da prática da queima para permitir a viabilidade econômica da cultura. (OLIVEIRA, et al, 2006)

O município faz parte de uma das regiões mais desenvolvidas e industrializadas do estado. Sendo que sua economia está vinculada à produção

agrícola e industrial, com destaque para os setores sucroalcooleiro e metalomecânico, abrigando indústrias fornecedoras de máquinas e equipamentos para usinas de açúcar e álcool. Piracicaba é a quinta cidade produtora de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Na safra 2011, o município teve 59 644 mil hectares de cana-de-açúcar colhida, 4 890 808 de toneladas produzidas e 0,7% de participação no total da produção nacional (BENEDITO, SOUZA, 2010; IBGE, 2011).

**Figura 5. Imagem aérea da região de cultivo da cana de açúcar em Piracicaba.**



**Fonte:** <http://www.unica.com.br/documentos/fotos/>

Atualmente, a região de Piracicaba é um grande pólo de produção sucroalcooleira. O município abriga indústrias fornecedoras de máquinas e equipamentos para usinas de açúcar e álcool e, em seu entorno existem muitas usinas produtoras como as unidades da COSAN (Santa Helena e Costa Pinto), o Grupo São Martinho com a Usina Iracema em Iracemápolis (BARROCAS, 2001).

Portanto, a participação de Piracicaba na expansão do setor ocorre de duas formas principais. A primeira, com maior valor agregado, diz respeito à oferta de bens, produtos e conhecimento, o que deve ser fortemente estimulado, como ocorre com o projeto do Arranjo Produtivo Local do Álcool (APLA), do qual participam empresas da cadeia produtiva da cana, a sociedade civil e o poder público. A segunda forma será por meio da produção de etanol e seu potencial aumento nas usinas e destilarias instaladas no município (BORIOLO, CESÁRIO, 2007).

A influência econômica da produção de cana-de-açúcar é muito expressiva em Piracicaba e seu entorno, sua evolução é representativa e importante para o desenvolvimento do mercado, gerando um aumento de empregos durante o período de colheita e também nos outros meses do ano com a manutenção de máquinas e equipamentos das usinas. Tudo isso é significativo para o crescimento da cidade (BERRIOS, 1993). No entanto, este crescimento expressivo do desenvolvimento da atividade canavieira vem acompanhado de reflexos consideráveis em várias áreas da vida na cidade, tal como a questão ambiental.

#### 4. METODOLOGIA

A 1ª etapa da pesquisa foi um levantamento bibliográfico pertinente ao assunto abordado. Desta forma, foram selecionadas leituras que basearam e nortearam o trabalho. Esta etapa tinha como objetivo apontar as principais questões ligadas às fontes renováveis de energia e os impactos da produção desta fonte, no caso a biomassa, cana de açúcar. Este levantamento gerou uma coletânea de livros e textos sobre a temática, dando início a revisão bibliográfica da pesquisa.

Durante a leitura das referências bibliográficas foi realizada uma coleta de dados. A coleta de dados tinha como objetivo, acumular o máximo possível de informações sobre o tema, para poder argumentar sobre as questões ambientais vinculadas ao sistema produtivo do álcool. Estes dados foram encontrados em fontes como: o Instituto de Economia Agrícola (IEA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo, CANASAT, SEADE, IBGE, MAPA, prefeitura do município de Piracicaba, além de reportagens de jornais e revistas (Tabela 1).

**Tabela 1. Principais fontes de dados sobre a produção da cana-de-açúcar.**

| <b>Fonte de Dados</b>                                       | <b>Informações Disponíveis</b>                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instituto de Economia Agrícola (IEA)                        | Área e Produção dos Principais Produtos da Agropecuária, Valor da Produção dos Principais Produtos da Agropecuária do Estado de São Paulo.         |
| Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/CANASAT)    | Mapas, gráficos e tabelas da área cultivada com cana-de-açúcar e tipo de colheita por municípios e regiões administrativas do Estado de São Paulo. |
| Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE)       | Dados e indicadores sobre a realidade socioeconômica do Estado de São Paulo.                                                                       |
| Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)      | Indicadores sociais e econômicos, Censos demográficos.                                                                                             |
| Ministério de agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA). | Dados de acompanhamento da produção canavieira.                                                                                                    |
| Prefeitura do Município de Piracicaba                       | Informações gerais sobre o município.                                                                                                              |

A coleta de dados juntamente com a revisão bibliográfica proporcionaram o conhecimento da área, do sistema produtivo e dos recursos disponíveis na região. A partir disso, surgiram idéias para o trabalho de campo.

As atividades que foram elaboradas no trabalho de campo foram planejadas a partir da necessidade de conhecer a área de estudo e o sistema produtivo além do que a literatura nos proporcionara. Desta forma, foi elaborado um questionário para ser enviado para as usinas, com o objetivo de adquirir informações privilegiadas e agendar uma entrevista com um responsável na usina. Os questionários foram enviados, porém as usinas recusaram a visita e não responderam nossas perguntas.

Tendo em vista que o questionário que iria ser aplicado nas usinas não deu certo, pensamos em uma nova proposta, abordar um impacto do cultivo de cana de açúcar no município. Sabendo que há a queima da cana na região, elaboramos um questionário para ser aplicado com os moradores de Piracicaba. O questionário foi produzido com a intenção de alcançar os moradores, para compreender especificamente a questão da queimada, principal impacto da fase agrícola da produção de álcool.

Além do questionário, foram realizados experimentos quanto a presença de fuligem da queimada da cana. Este experimento baseou-se apenas em uma representação ilustrativa da presença de fuligem no ar de Piracicaba. Foi realizada a captação de fuligem no período de safra e entre safra, durante sete dias, duas vezes ao dia. O objetivo principal do experimento era observar se ainda é praticada a queima da cana e qual é a rotina desta prática.

A partir das informações obtidas em trabalho de campo, foi realizada a compilação dos dados, que resultou em gráficos a cerca do que a população sabe sobre a queimada e seus impactos na saúde, além da caracterização dos principais impactos ambientais da produção de álcool.

## **CAPÍTULO 1 - MATRIZ ENERGÉTICA, BIOMASSA E MEIO AMBIENTE**

Durante o ano de 2006, o preço do barril de petróleo apresentou um valor elevado, atingindo a cifra de 78 dólares. As principais causas para esta inflexão positiva estão relacionadas não apenas ao aumento da demanda, mas um conjunto de fatores que se relacionam a esta fonte de energia, como: o risco de exaustão das reservas mundiais; instabilidade política no Oriente Médio; política petrolífera nacionalista da Bolívia e Venezuela; redução intencional da produção por parte dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), entre outros (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Embora a base produtiva mundial apresente significativa dependência desta fonte energética, o aumento do preço dos barris de petróleo induziu a busca de novas fontes. Dessa maneira, cresce no mundo inteiro a busca por fontes renováveis de energia.

Antes de pensar nas fontes renováveis de energia, faz-se necessário compreender que sempre que se faz uso de matéria para obtenção de energia ou quando ela é convertida em tipos distintos, há degradação de sua qualidade, resultando em poluição (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Durante muito tempo, a lenha foi a principal fonte de energia do homem, que por sua vez causou desmatamento e grande perda da biodiversidade. No ciclo posterior à lenha, temos o carvão mineral. E atualmente há um consenso de que iniciamos uma transição do petróleo às fontes de energia renováveis (ANDRADE, DINIZ, 2007).

As fontes de energia renováveis, solar, marés, geotermia, biogás, biocombustíveis líquido e biomassa são fontes de energia primária, aquela que o homem pode transformar. As fontes de energia não renováveis englobam, principalmente, o petróleo, carvão mineral, gás natural e combustíveis nucleares (BERMANN, 2012).

No quadro abaixo se pode observar a distribuição da matriz energética brasileira no período de 2011-2012.

**Tabela 2. Participação e Oferta Interna de Energia no Brasil 2011/2012.(tep\*)**

|                                    | 2011         |              | 2012         |              | Δ11/12      |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>OFERTA TOTAL</b>                | <b>272,3</b> |              | <b>283,6</b> |              | <b>4,1%</b> |
| <b>ENERGIA NÃO RENOVÁVEL</b>       | <b>152,5</b> | <b>56,0%</b> | <b>163,3</b> | <b>57,6%</b> | <b>7,0%</b> |
| PETRÓLEO E DERIVADOS               | 105,1        | 38,6%        | 111,1        | 39,2%        | 5,7%        |
| GÁS NATURAL                        | 27,7         | 10,2%        | 32,5         | 11,5%        | 17,3%       |
| CARVÃO MINERAL E DERIVADOS         | 15,4         | 5,7%         | 15,2         | 5,4%         | - 1,3%      |
| URÂNIO (U308) E DERIVADOS          | 4,1          | 1,5%         | 4,2          | 1,5%         | 2,4%        |
| <b>ENERGIA RENOVÁVEL</b>           | <b>119,8</b> | <b>44,0%</b> | <b>120,2</b> | <b>42,4%</b> | <b>0,3%</b> |
| ENERGIA HIDRÁULICA E ELETRECIDADE  | 39,9         | 14,7%        | 39,1         | 13,8%        | 2,1%        |
| LENHA E CARVÃO VEGETAL             | 25,9         | 9,5%         | 25,7         | 9,1%         | - 0,8%      |
| PRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR         | 42,7         | 15,7%        | 43,5         | 15,4%        | 1,8%        |
| OUTRAS RENOVÁVEIS (Eólica, solar). | 11,1         | 4,1%         | 11,7         | 4,1%         | 5,4%        |

\* Unidade: milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep).

**Fonte:** Balanço Energético Nacional – BEN 2013.

É possível observar, que o Petróleo, energia não renovável, representava em 2012 cerca de 39,2% do total da oferta de energia nacional. Dentre as energias não renováveis esta é a fonte mais importante de energia, seguido do gás natural, carvão mineral e urânio. As fontes de energia renováveis representavam em 2012 cerca de 42,4% do total da oferta de energia nacional, vale ressaltar que a mais utilizada é a energia de origem vegetal, no caso produtos derivados de cana-de-açúcar, cerca de 15,4% do total, caracterizando o papel fundamental do setor. A Oferta Interna de Energia (OIE) acompanha o crescimento da economia. Em 2012, a OIE, no Brasil, atingiu o montante de 283,6 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), com crescimento de 4,1% em relação a 2011. Deste total, 120,2 milhões de tep, 42,5% correspondem à oferta interna de energia renovável. Os produtos da cana-de-açúcar (bagaço, álcool, energia elétrica), em 2012, tiveram participação de 15,4% superando a participação da lenha e carvão vegetal que representam 9,1%. Atualmente os produtos derivados da cana-de-açúcar superaram a oferta interna de energia hidráulica e elétrica, em cerca de 1,6% (BEN, 2013).

Há grande chance dos produtos derivados da cana-de-açúcar aumentar sua participação na demanda energética, visto que a maior parte de eletricidade consumida no Brasil provém de grandes reservatórios cuja implantação gera danos

ambientais irreversíveis, significando um aumento de consumo da energia limpa (GUARDABASSI, 2006). É importante observar na Tabela 1 a diminuição do consumo de carvão mineral, fonte de energia não renovável, geradora de emissões de óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>) que podem provocar o fenômeno das chuvas ácidas (ANDRADE, DINIZ, 2007).

De acordo com resultados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2013), a produção de cana de açúcar no ano civil de 2012 alcançou 593,6 milhões de toneladas, 4,9% superior ao registrado no ano civil anterior, quando a moagem foi de 565,8 milhões de toneladas, consolidando o quão importante à participação deste setor para abastecimento de energia renovável.

Em 2012, a produção nacional de petróleo caiu 1,8% em relação ao ano anterior. As reservas brasileiras de petróleo atingiam a média de 2,11 milhões de barris/dia (ANP, 2013).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), em 2012, as reservas de petróleo no mundo, atingiam cerca de 1,7 trilhões de barris, após um aumento de 0,9% em relação a ano de 2011. As reservas dos membros da OPEP totalizam 1,2 trilhões de barris, representando 72,6% do total mundial. A região do Oriente Médio registrou um aumento de 1,2% nas reservas de petróleo sendo 48,4% do total mundial.

Dentre os países pertencentes a OPEP, a Venezuela é a que possui maior volume de reservas, com 297,6 bilhões de barris. As reservas sauditas registraram um pequeno aumento, 0,2%, totalizando 265,9 bilhões de barris. A única região que sofreu queda no volume das reservas foi a América do Norte com um decréscimo de 0,3% do total. O Brasil está na 14<sup>a</sup> posição do ranking mundial de reservas com um volume de 15,3 bilhões de barris (ANP, 2013).

Em 2012, o consumo mundial de petróleo totalizou 89,8 milhões de barris/dia. A China, foi o país que mais contribuiu para o aumento do consumo, teve um aumento de 4,8% no consumo final (+471 mil barris/dia). O Japão, também representou aumento, cerca de 5,6% (+249 mil barris/dia), sua maior taxa de crescimento desde 1994 (ANP, 2013).

Em contrapartida, os Estados Unidos registraram seu maior declínio, de 2,1% (-395 mil barris/dia). Porém, se encontra no primeiro lugar da lista dos países que mais consomem barris/dia.

O Brasil se mantém no mesmo lugar no ranking, em sétimo lugar após acréscimo de 2,4% (+64 mil barris/dia) no consumo de petróleo, totalizando 2,8 milhões de barris/dia (ANP, 2013).

A partir desta breve análise do perfil da matriz energética brasileira atrelada ao aumento desmedido do consumo energético, como na China e no Japão (ANDRADE, DINIZ, 2007), aliados à instabilidade política das regiões detentoras da maior quantidade de reservas (Arábia Saudita, Iraque, Irã, Venezuela, Argélia) nos faz refletir que toda a energia fóssil necessária para o futuro deverá ser substituída por fontes renováveis.

Bacchi, pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ-USP, Piracicaba, ressalta a importância da produção brasileira de biomassa para geração de energia limpa, renovável e ambientalmente sustentável (Agroenergia):

Com 140 milhões de hectares de área adicional agricultável, tecnologia própria e mão-de-obra disponível, o Brasil é o país do mundo que reúne as melhores condições para liderar a agricultura de energia. Por situar-se predominantemente na faixa tropical e subtropical do planeta, o Brasil recebe intensa radiação solar ao longo do ano, que é a base para a produção de agroenergia. A possibilidade de expansão da área e de múltiplos cultivos dentro do ano coloca o país em posição de destaque entre os potenciais fornecedores mundiais de energia gerada por biomassa. Além disso, deve-se considerar o fato de que a indústria brasileira geradora de agroenergia, das quais a de etanol é a mais importante, é reconhecida como uma das mais eficientes em termos de tecnologia e gestão do negócio.

O álcool tem sido apontado pela comunidade internacional como uma das possíveis soluções aos problemas ambientais, destacando-se como uma fonte energética compatível com os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, preconizado no Protocolo de Kyoto. (BACCHI, 2006, p. 2)

Por essas razões, os biocombustíveis ganham cada vez mais destaque. Segundo ANP, os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Os principais biocombustíveis são o Etanol, produzidos a partir do processamento e destilação de biomassa e o Biodiesel, produzidos a partir de gordura animal e plantas oleaginosas. No Brasil, o destaque da produção de etanol é a cana de açúcar, mas em outros países são utilizadas outras espécies que mantenham o padrão quantitativo de açúcar, como o milho, biomassa utilizado nos Estados Unidos (BARBOSA, VAZ, 2012).

Portanto, os biocombustíveis são vistos como alternativa para contribuir com a preservação ambiental. Preservar o meio ambiente é uma necessidade que o homem contemporâneo adquiriu nos últimos anos para lidar com os vários recursos que possuem caráter esgotável. É possível observar que as discussões sobre temas ambientais ganharam maior repercussão nas últimas décadas quando surge o conceito de desenvolvimento sustentável.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável é preciso se desvincular do aspecto econômico e levar em consideração o equilíbrio do meio ambiente.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi construído no início da década de 70, a partir de uma contradição, entre o progresso sem limites e o discurso de alerta dos movimentos ambientalistas. A partir daí, começou-se a trabalhar com a idéia de um modelo de desenvolvimento que atendesse às necessidades do presente sem comprometer a qualidade das gerações futuras. (KRANZ, 1997, P.12).

Compreendendo a necessidade de preservar o meio ambiente é importante estudar a produção de cana de açúcar, que tem sido apontada como responsável por muitos problemas ambientais, no que diz respeito à degradação do solo, contaminação das águas, erradicação de fauna e flora e desrespeito as áreas de proteção ambiental (DELGADO, 2011).

## **CAPÍTULO 2 – A CANA DE AÇÚCAR**

Este capítulo tem como objetivo apresentar as implicações que envolvem a cana de açúcar e o etanol; para compreender o aumento da demanda e posteriormente os impactos deste no meio ambiente. Assim, o texto se estrutura a partir de uma breve revisão bibliográfica do ciclo econômico da cana, da modernização da agroindústria canavieira, do Programa Nacional de Alcool e também um panorama da produção sucroalcooleira no Brasil e no estado de São Paulo.

### **2.1 – Ciclo econômico da cana de açúcar**

A cana de açúcar é um dos principais produtos que compõem o ciclo econômico brasileiro. Sua valoração econômica se deu durante o período colonial, mais precisamente no início do século XVI e XVII.

Foi introduzida no Brasil devido às facilidades fenológicas e de adaptação às condições ambientais locais e também pelo valor econômico que representa (BERRIOS, 1993). A cana é uma gramínea perene, com origem provável no sudeste da Ásia. São híbridas e próprias de climas tropicais (GOMES, 1964). É comum que esta seja plantada individualmente, sem misturar com outras espécies, caracterizando a monocultura da cana de açúcar.

A primeira muda de cana de açúcar foi introduzida no Brasil pelos portugueses após a chegada de Martim Afonso de Souza, em 1532 (WAACK, NEVES, 1998). As primeiras mudas foram plantadas em um solo massapé<sup>1</sup> e clima tropical úmido, ideais para o cultivo (KOCHI, 2010).

Quando o Brasil foi descoberto, o açúcar era escasso na Europa (WAACK, NEVES, 1998) e a cana de açúcar foi vista pelos portugueses como fonte de lucro sobre os outros países que não tinham colônias e não conheciam a técnica agrícola. Assim, o produto passou a ser plantado e extraído no Brasil. Era exportado para a Europa, para abastecer o mercado interno, caracterizando a base da economia nacional na época. Além do Brasil, outras regiões foram focos da coroa portuguesa.

---

<sup>1</sup> Massapé: é um tipo de solo de cor bem escura, quase preta, encontrado principalmente no litoral nordestino e é constituído a partir da decomposição de rochas que tem em suas características minerais de gnaisses que tem uma tonalidade mais escura e também de filitos e calcários. É um solo muito fértil e, portanto, excelente para a prática da agricultura. No período colonial, foi muito explorado na agricultura de cana-de-açúcar.

Esta plantava a cana de açúcar nas Ilhas de Cabo Verde, Açores e Madeira (KOCHI, 2010).

Em 1533, se constituiu no Brasil o primeiro engenho de açúcar, construído em São Vicente, litoral paulista, por Martin Afonso de Souza. A produção de cana de açúcar não se restringiu apenas ao litoral paulista, mas se estendeu por quase todo o litoral brasileiro. De todo litoral brasileiro, o que teve mais destaque foi o litoral pernambucano, que durante o ciclo econômico deteve a maior produção de cana do país (KOCHI, 2010).

De acordo com KOCHI (2010), é possível fazer uma relação da localização geográfica dos engenhos de açúcar com a forma de escoamento da produção, ou seja, a maioria dos engenhos de açúcar estava localizada próxima as regiões litorâneas, para facilitar a proximidade aos portos de onde saíam estes produtos com direção à Europa.

A cana de açúcar não chamou atenção apenas dos portugueses, mas também dos holandeses, que desembarcaram no nordeste brasileiro em 1624. Os holandeses chegaram ao Brasil com o intuito de aprender o cultivo da cana, porém os portugueses se sentiram ameaçados e expulsaram os holandeses do país por volta de 1654. Durante o período em que estiveram no Brasil, os holandeses adquiriram conhecimento necessário para praticar o cultivo da cana e passaram a cultivá-la na Antilhas (WAACK, NEVES, 1998; KOCHI, 2010). Com o passar do tempo, os holandeses se superaram na criação de indústrias açucareiras passando a frente do Brasil na produção e no abastecimento da Europa. Este é um dos motivos pelos quais a cana de açúcar entrou em declínio no fim do século XVIII.

O ciclo da cana de açúcar deixa de progredir a passos largos com o início do ciclo do café, uma vez que as prioridades dos agricultores passaram a ser a comercialização deste produto. Pode-se observar uma diminuição da produção de açúcar no século XIX, e um aumento repentino no século XX, relacionado às sucessivas crises do café, ocasionadas pela superprodução (KOCHI, 2010).

Com o fim do ciclo do café na década de 30, aumentou-se a produção destinada para o mercado interno, já visto que não havia mais tanta dependência da coroa portuguesa. Neste sentido a produção do açúcar passa a se concentrar na região Sudeste do país, principalmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (LOPES, 2011).

## **2.2 - Modernização da Agroindústria Canavieira Brasileira**

Como visto no item anterior, é possível observar o aumento da produtividade, no setor agroindustrial canavieiro, nas primeiras décadas do século XX. As crises do café influenciaram diretamente no aumento da produção, porém o que garantiu a transformação e modernização do setor foram os aparatos institucionais oferecidos pelo poder público.

Além destes fatores, a atividade canavieira foi influenciada pelos conflitos de interesse entre usineiros nordestinos e paulistas, que ao serem afetados pela crise do café, passaram a aumentar a quantidade de áreas produtoras de cana. Os nordestinos, em competição com os paulistas, queriam que a produção de cana fosse voltada apenas para o mercado externo. Já os paulistas viam mais vantagens no abastecimento do mercado inteiro e queriam que a produção fosse escoada nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (SZMRECSÁNYI, MOREIRA, 1991; KOCHI, 2011).

As regiões nordeste e centro-sul do país mantiveram harmonia quanto à produção canavieira durante anos, no entanto, com o início da crise de 1929, o complexo canavieiro passou por algumas alterações quanto à política do mercado interno e externo da cana, criando desarmonia entre os complexos canavieiros (KOCHI, 2010). A substituição das lavouras de café pela plantação de cana resultou numa expansão do setor no estado de São Paulo, gerando pequenos conflitos de interesses com a região nordeste. Houve sucessivas crises e quedas de preço da cana porque não havia controle da produção. Diante dessa situação conflitiva, o Governo Federal viu a necessidade de implantar a Comissão de Estudos sobre o Alcool Motor (CEAM), mediante resolução do Ministério da Agricultura (VIAN, 2003).

É importante ressaltar que antes da implantação da CEAM não havia imposição de medidas governamentais, mantinha-se um caráter liberalizante, ou seja, a produção não era limitada e vigorava as leis de livre comércio. Portanto, a CEAM foi criada para pesquisar e gerar incentivo a produção do álcool anidro para misturar à gasolina, e desta forma diminuir o excesso de açúcar nos estoques e a importação de petróleo (RAMOS, 2008; VIAN, 2003).

O período entre 1890 e 1930 foi marcado pela vulnerabilidade da economia nacional e também pela falta de infraestrutura tecnológica e industrial (SZMRECSÁNYI, 1979). Mas, quando o Estado começa a participar na configuração do complexo canavieiro há um aumento de subsídios oferecidos ao setor, permitindo

ao mesmo tempo a elevação da concentração fundiária, e também o melhoramento dos engenhos quanto a sua infraestrutura, influência que pode ser observada nas usinas até os dias de hoje (KOCHI, 2011).

Após a Revolução de 1930, foram criados cursos voltados para a formação agrícola buscando aperfeiçoamento da produção. Os aparatos tecnológicos permitiram a industrialização do parque canavieiro e o surgimento e desenvolvimento dos centros de pesquisa e experimentações agrícolas (KOCHI, 2011).

Os conflitos entre usineiros passaram a ser constantes após o aumento de investimento na produtividade industrial, fazendo com que o governo federal tomasse algumas medidas intervencionistas. Ou seja, o governo passa de um caráter provisório de órgãos emergenciais para um órgão permanente, no caso o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) através do decreto Nº. 22.789, de 01/06/1933 (RAMOS, 2008; SZMRECSÁNYI, 1979).

O decreto de criação do IAA fundamenta proposições ligadas ao estímulo à agroindústria açucareira (RAMOS, 2008). Dentre estas estão assegurar o mercado interno, controlando o consumo e produção; fomentar e estimular a produção do álcool anidro utilizando qualquer outra matéria-prima, de acordo com as condições climáticas e econômicas das regiões (SZMRECSÁNYI, 1979).

O governo, por meio da criação do IAA, exerceu influências sobre o mercado. Regulamentou a produção, fixou preços, organizou o transporte e a estocagem da cana (BRAY, FERREIRA E RUAS, 2000).

Mas, é no período pós-guerra que houve um aumento significativo da produção canavieira brasileira. A Segunda Guerra Mundial foi decisiva para a concretização dos complexos agroindustriais no interior paulista, devido principalmente a impossibilidade física de se comercializar o açúcar no Brasil. Ficava difícil comercializar o açúcar nordestino, e desta maneira, a região sudeste investiu pesado em novas tecnologias para a produção (RAMOS, 2008).

E foi essa expansão dos anos da Segunda Guerra que deu origem à definitiva transferência do eixo da produção canavieira e açucareira para os Estados do sudeste do Brasil, uma transferência que só chegou a se completar de fato na década de 1950, mas que já podia ser percebida ao término do conflito. (SZMRECSÁNYI, MOREIRA, 1991, p. 59)

Foi a partir dessa modernização do setor agroindustrial canavieiro, principalmente na região sudeste do país, que houve um avanço do capital

monopolista (RAMOS, 2008). A comercialização e a modernização do setor desencadearam um processo de expansão nas exportações. Szmrecsányi e Moreira (1991) afirmam que entre os anos-safra de 1961/62 e 1971/72, o volume das exportações de açúcar do Brasil aumentou quase 106%, contra um crescimento de aproximadamente 50% na produção, e de apenas 38% no consumo interno do produto.

Para dar conta dessa grande expansão nas exportações do setor, o Governo Federal ofereceu apoio através de três programas de investimentos e incentivos: o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (PLANALSUCAR), o Programa de Racionalização da Indústria Açucareira, e o Programa de Apoio à Indústria Açucareira (BRAY, FERREIRA E RUAS, 2000).

O PLANALSUCAR traçou como meta o desenvolvimento, em grande escala, das novas variedades de cana através da manipulação e experimentação genéticas. O Programa de Racionalização da Indústria Açucareira, criado pelo Decreto Lei Nº 1186, de 27 de agosto de 1971 revogou uma série de dispositivos do Estatuto da Lavoura de 1941, o que estimulava a concentração empresarial e a concentração de terras por meio da absorção de quotas das usinas incorporadas e dos fornecedores (SZMRECSÁNYI, MOREIRA, 1991; KOCHI, 2011).

Desta forma, aumentou a fusão e a incorporação de muitas usinas com pequena capacidade produtiva, ao mesmo tempo em que se intensificavam os processos de concentração de terras e rendas na agroindústria canavieira. (KOCHI, 2010)

A década de 70 foi marcada por profundas modificações, tanto no mercado interno quanto externo, provocando alterações no setor agroindustrial canavieiro brasileiro. O processo de modernização não se restringiu apenas à agroindústria canavieira, mas foi percebida também nas exportações. O Brasil perdeu a preferência do mercado Norte-Americano e houve um declínio na busca pelo produto, tendendo a queda dos preços do açúcar no mercado externo (KOCHI, 2011). Neste período, o setor canavieiro já sentia os efeitos de se enfrentar uma nova crise de superprodução (SZMRECSÁNYI, MOREIRA, 1991). Para conter esta crise, o Governo Federal criou em 1973 o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), incentivando o aumento da produção de álcool combustível (KOCHI, 2011).

O PROALCOOL surge a partir das pressões dos usineiros, fabricantes de equipamentos industriais do setor, e as indústrias automobilísticas que pressionam o Governo Federal para buscar uma solução de substituição de energia através da agricultura canavieira (SZMRECSÁNYI, MOREIRA, 1991).

Dando continuidade ao programa, iniciou-se no mesmo ano de implantação do PROALCOOL a implantação de novas destilarias anexas e autônomas ao estado (BRAY, FERREIRA E RUAS, 2000). Nesse contexto se abrem espaço para um novo empreendimento, as destilarias autônomas, em que só há produção de álcool, totalmente autônoma da produção de açúcar (RAMOS, 2008).

### **2.3 - Programa Nacional do Álcool.**

O Programa Nacional do Álcool surgiu em 1975, período em que ocorria a primeira crise do petróleo. Como forma de conter os problemas relacionados à importação do petróleo e a superprodução do açúcar, foram apresentadas ao então presidente da República, Ernesto Geisel, pesquisas com diversas fontes de biomassa: cana de açúcar, milho, sorgo, sacarina, mandioca, batata-doce, etc. Dentre estes produtos, o que apresentou mais viabilidade técnica e econômica foi a cana de açúcar (OMETTO, 1998).

De acordo com Ometto (1998), o Brasil dependia de 80% do petróleo do mercado externo, e com as crises do petróleo em 1973 e 1974, houve um aumento na conta de importação de cerca de US\$1400 milhões. É neste contexto que o álcool anidro deixa de ser apenas um subproduto do açúcar e passa a ser misturado com a gasolina (RAMOS, 2008).

Em face da vulnerabilidade energética do Brasil, o Governo Federal via no álcool a solução pra a crise “pois geraria empregos, demanda para a indústria de bens de capital, e abrandaria os efeitos da importação de petróleo sobre o Balanço de Pagamentos do país” (VIAN, 2003: 68).

O PROALCOOL teve três fases importantes, a primeira fase de 1975 a 1979, a segunda de 1980 a 1985, depois a terceira de 1986 a 1990. Na fase inicial do programa, 1975 a 1979, o estado de São Paulo recebeu cerca de 30% dos investimentos destinados ao setor pelo Governo Federal. É importante enfatizar que neste mesmo período houve uma diferenciação dos investimentos destinados as usinas, no caso, as usinas tradicionais e anexas receberam mais investimentos que as usinas autônomas (RAMOS, 2008).

No período de 1976 e 1980, São Paulo foi o responsável por 55% do aumento verificado da área colhida de cana de açúcar, seguido pelos estados de Alagoas com 20,9%, Paraíba com 6,6%, Rio de Janeiro e Pernambuco 5,9%. O Estado de São Paulo, que em 1976 possuía 34,5% da área plantada com cana-de-açúcar do país, ficava em 1980, com 39,3%, e com quase 50% da produção total nacional desse produto (BRAY, FERREIRA, RUAS, 2000).

Durante a primeira fase do PROALCOOL foi possível observar o crescimento da produção do álcool anidro, que era misturado com a gasolina. Neste período não existia ainda o carro do tipo *flex*, portanto, os carros que utilizam a mistura dos dois combustíveis faziam parte de uma experimentação (WAACK, NEVES, 1998; RAMOS, 2008).

Com o início da segunda crise do petróleo, em 1979, foi preciso mudar a direção das propostas do programa. Inicialmente o PROALCOOL buscava sanar os problemas ligados a importação do petróleo e a superprodução do açúcar, já na segunda fase, com mais investimentos e estímulo do Governo, o programa passa a trilhar novos rumos, em busca de uma alternativa de substituição de energia (WAACK, NEVES, 1998).

Neste sentido, destilarias autônomas foram instaladas, além do aumento da expansão territorial da produção. Assim, segundo Ramos (2008) pode-se verificar a expansão da produção do álcool hidratado, que está atrelada ao desenvolvimento tecnológico de carros movidos à álcool.

Na segunda fase do PROALCOOL é importante destacar o papel da produção do estado de São Paulo:

Devido a capacidade produtiva das novas destilarias autônomas, observou-se um grande crescimento da produção alcooleira. No período de 1979 a 80, por ter recebido os maiores investimentos do Proálcool através de seu parque açucareiro/alcooleiro instalado, o estado de São Paulo foi o responsável por 72,79% da produção nacional. (RAMOS, 2008, p.49)

A terceira fase do PROALCOOL, 1986 a 1990, é conhecida pela desaceleração e crise do programa. É neste período que ocorre um desestímulo na produção do álcool, como: estabilização do preço do petróleo no mercado internacional (FRACARO, 2005) e suspensão dos investimentos do Governo devido ao controle inflacionário (RAMOS, 2008). De acordo com Santin (2006) nesta fase o programa recebeu menos investimentos por que houve um desequilíbrio entre a oferta e demanda do álcool.

Ramos (2008) especifica os acontecimentos que geram desaceleração do programa:

Diante dos baixos preços do petróleo, a viabilidade do álcool combustível, em substituição à gasolina, dependia do aumento dos subsídios públicos ao seu consumo, porém a década de 1980 foi marcada por uma profunda crise fiscal e pelo acirramento do processo inflacionário, o que restringiu as possibilidades desse aumento. Além disso, o que prevaleceu foi um ajuste orçamentário, que entre outras medidas, realizou cortes nos subsídios destinados a agricultura, especialmente para o setor sucroalcooleiro, onde foram eliminados os financiamentos subsidiados para investimento e definido os reajustes aos preços de álcool. (RAMOS, 2008, p. 50)

Em paralelo a desaceleração e estagnação do programa, ocorreu a desativação do IAA, que deixou o controle e o planejamento do setor sucroalcooleiro a cargo da Secretaria de Desenvolvimento Regional da Presidência da República e, posteriormente, com o Conselho Interministerial do Álcool (CIMA), presidido pelo Ministério da Indústria e Comércio até 1999, quando passou para o Ministério da Agricultura (SANTIN, 2006; RAMOS, 2008).

Com essas mudanças vinculadas a produção de álcool e a diminuição dos investimentos do Governo, os usineiros viram a necessidade de criar entidades com intuito de proteger o setor sucroalcooleiro, como a União Agroindustrial Canavieira de São Paulo (ÚNICA) e Associação Paulista da Agroindústria Sucroalcooleira (SUCROÁLCOOL) (MICHELLON, 2008).

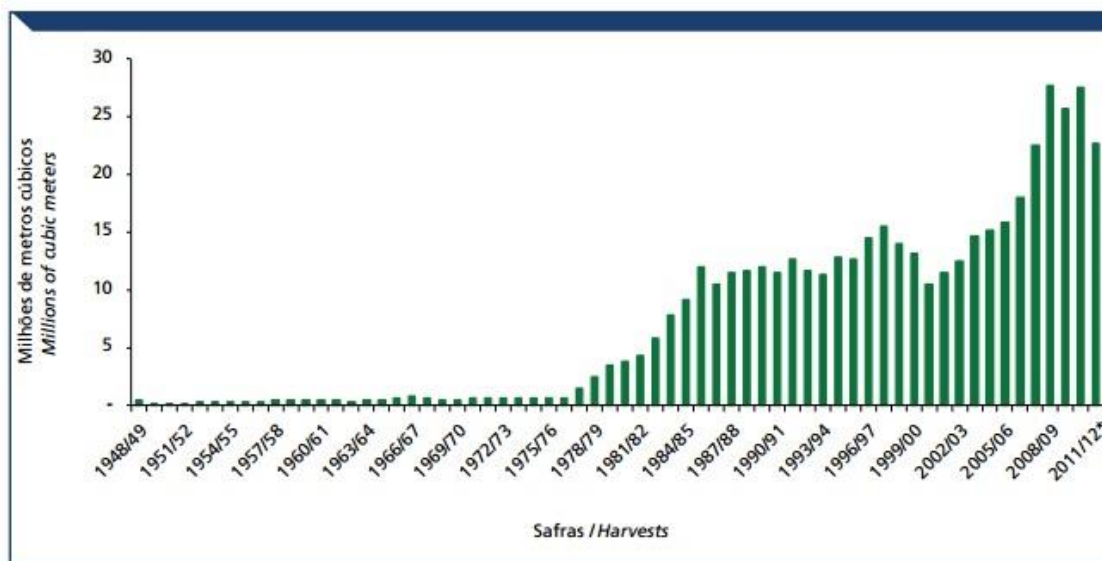
Em suma, o PROÁLCOOL propiciou considerável desenvolvimento tecnológico, criou uma nova estratégia de abastecimento, expandiu o desenvolvimento da economia e o nível de emprego, e evitou mesmo que minimamente o agravamento da questão ambiental.

## **2.4 - Panorama da produção alcooleira brasileira e paulista.**

A utilização do álcool, como combustível no Brasil, se deu em duas etapas: como álcool hidratado carburante em carros 100% movidos a álcool, ou como álcool anidro, em carros a gasolina, na proporção de 20 a 25% (SILVA, 2009). Porém, para manter a oferta e demanda do consumo brasileiro do álcool exigia-se um sistema de regulamentação que garantiria a oferta e estocagem do produto visto que há uma grande tendência a oscilação do mercado de produtos oriundos do petróleo.

Mesmo com a desaceleração do PROÁLCOOL nos anos 90, a produção do álcool se manteve principalmente pela mistura do álcool anidro com a gasolina, compensando a queda no consumo do álcool hidratado (RAMOS, 2008).

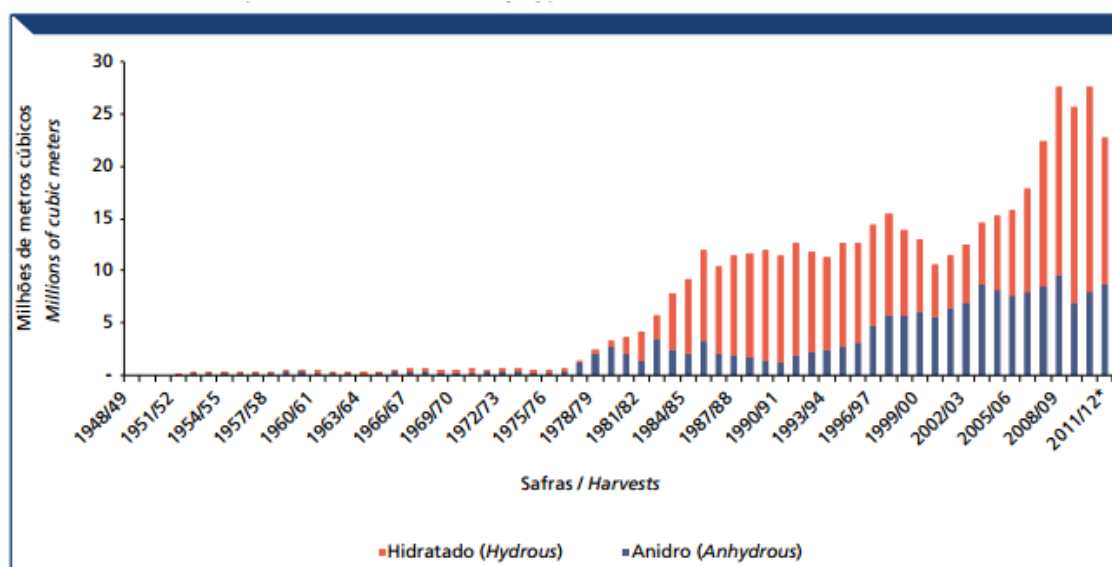
**Gráfico 1. Evolução da produção brasileira de álcool - 2012. (milhões m<sup>3</sup>)**



Fonte: MAPA, 2013.

O Brasil é o maior produtor mundial do setor sucroalcooleiro, sendo o principal produtor de cana de açúcar, açúcar e álcool (RAMOS, 2008). Através do Gráfico 1, é possível observar a evolução da produção brasileira de álcool, caracterizando um crescimento a partir da década de 70 até a década de 90 (MAPA, 2013).

**Gráfico 2. Evolução da produção de álcool anidro e hidratado no Brasil, 1948-2012. (milhões m<sup>3</sup>).**



Fonte: MAPA, 2013.

O Gráfico 2, representa a evolução da produção brasileira de álcool, por tipo, no período entre 1948 e 2012. É possível observar que na década de 70 a produção do álcool anidro era maior que o álcool hidratado, devido aos incentivos do Governo Federal perante a primeira crise do petróleo em 1973/1974. Na década de 90 houve uma grande diminuição da produção para os tipos de álcool, porém a produção do álcool anidro foi uma das menores em relação aos outros anos. A partir do ano 2000 há um crescimento da produção do álcool hidratado, utilizado nos carros 100% à álcool.

Durante a safra de 2013/2014, segundo o MAPA, foram produzidos no Brasil 28 bilhões de litros de álcool (anidro e hidratado), 17% a mais do que na safra 2012/2013 na qual foram produzidos 23 bilhões de litros de álcool (MAPA, 2013). A Tabela 2 demonstra o desempenho da produção de etanol no país.

**Tabela 2. Produção de etanol no Brasil entre 2009 e 2014.**

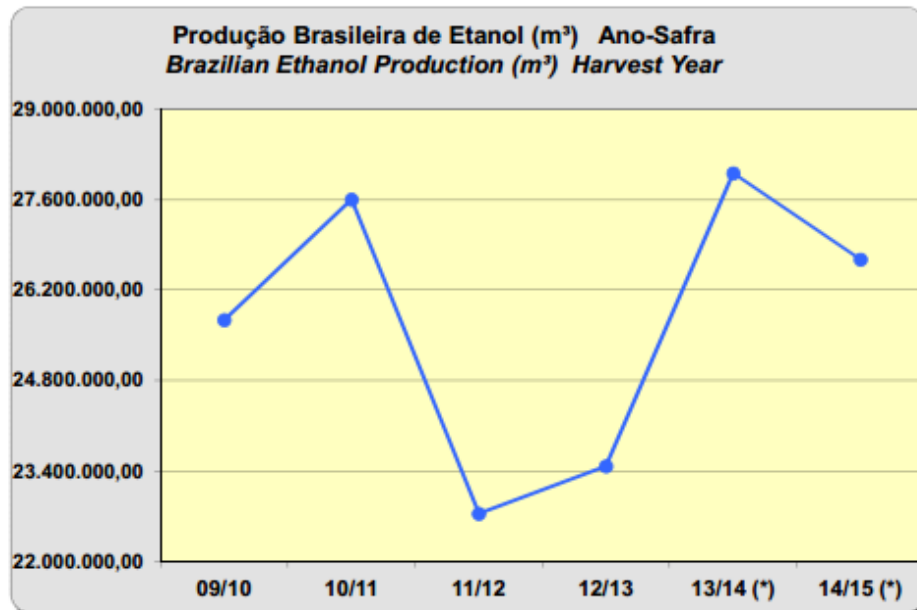
| REGIÕES           | ANO-SAFRA  |            |            |            |            |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                   | 09/10      | 10/11      | 11/12      | 12/13      | 13/14      |
| <b>Nordeste</b>   | 2.005.164  | 1.991.614  | 2.139.206  | 1.864.442  | 1.966.334  |
| <b>Centro-Sul</b> | 23.733.511 | 25.612.506 | 20.597.334 | 21.608.912 | 26.045.950 |
| <b>BRASIL</b>     | 25.738.675 | 27.604.120 | 22.736.540 | 23.473.354 | 28.012.284 |

**Fonte:** MAPA, 2013.

**Organização:** Beatriz Marques Gabelini.

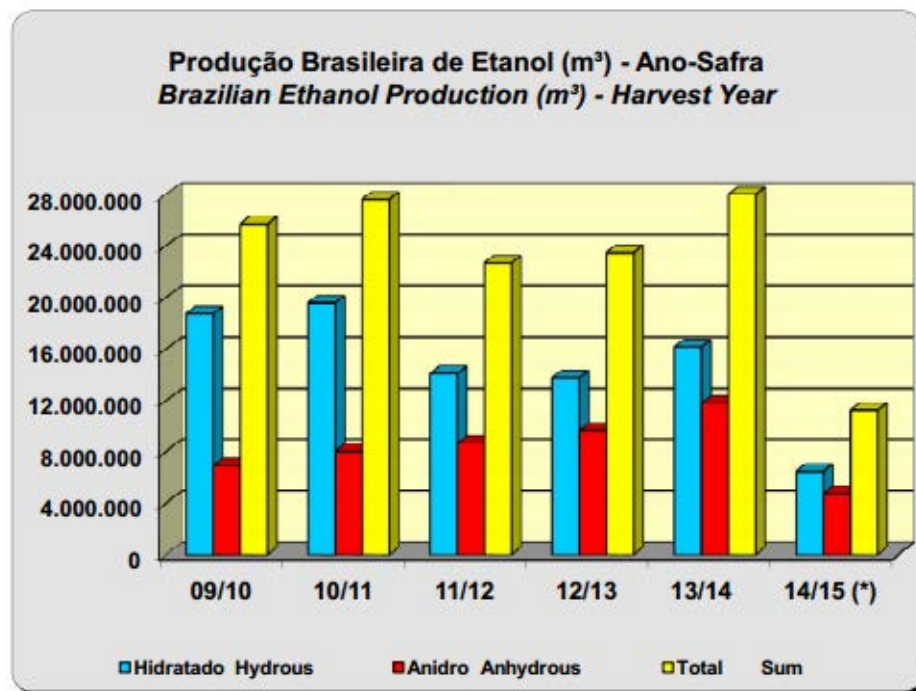
As duas principais regiões produtoras de etanol no Brasil, Nordeste e Centro-Sul, caracterizam a matriz sucroalcooleira brasileira. A região que possui maior desempenho na produção é a Centro-Sul. Durante a safra 11/12 e 12/13 houve uma queda na produção, que foi retomada na safra 13/14. (Gráfico 3).

**Gráfico 3. Produção Brasileira de Etanol (m³).**



Fonte: MAPA, 2013.

**Gráfico 4. Produção Brasileira de Etanol por tipo (m³).**

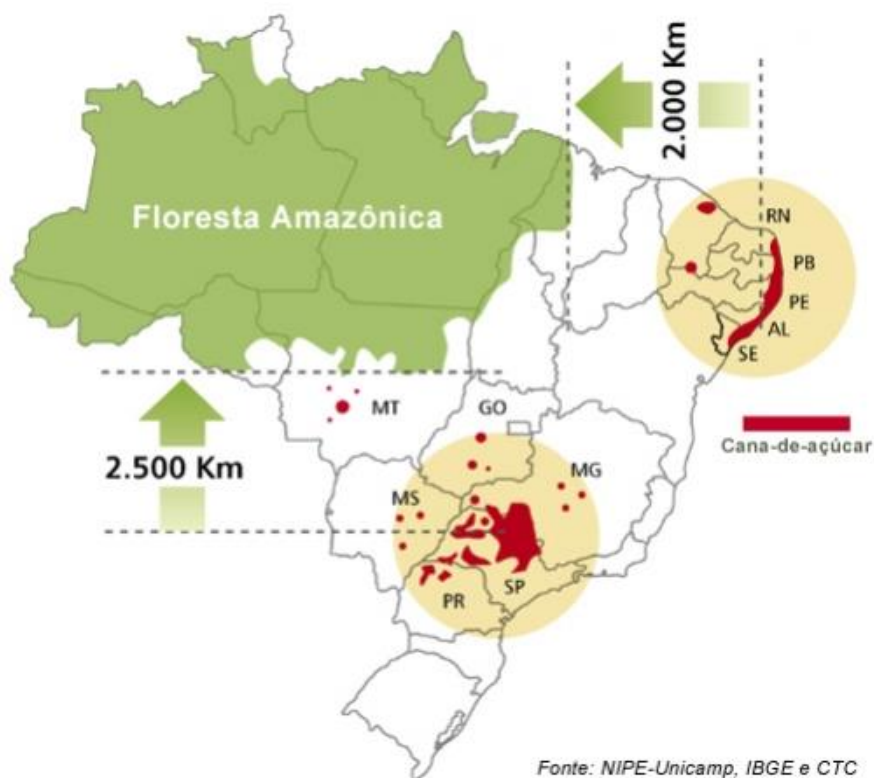


Fonte: MAPA, 2013.

Os Gráficos 3 e 4 representam a produção brasileira de etanol, a produção de álcool hidratado mantém a frente na produção, porém o álcool anidro vem crescendo exponencialmente, como pode ser observado nas safras 12/13 e 13/14.

A concentração canvieira no Brasil se dá de acordo com o mapa a seguir produzido a partir de dados oficiais do IBGE, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e do Centro de Tecnologia Canvieira (CTC). Concentra-se nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil. O Centro-Sul representa 80% da produção de cana do país. Segundo a ÚNICA (2009), em 2005/2006, os cinco maiores produtores foram responsáveis por 85% da produção nacional de etanol, sendo eles: São Paulo, com participação de 62%, Paraná (7%), Minas Gerais (6%), Mato Grosso (5%) e Goiás (5%) (ÚNICA, 2009).

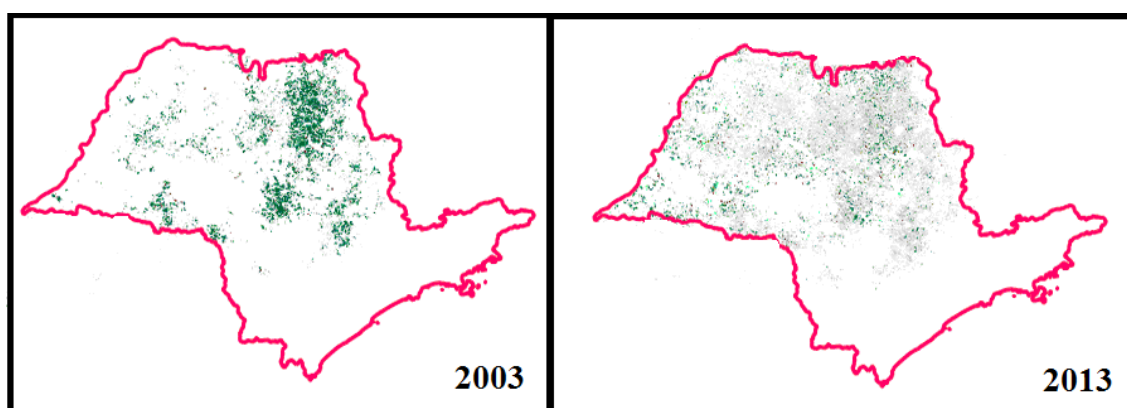
**Figura 6. Concentração Canvieira no Brasil.**



**Fonte:** NIPE-Unicamp, IBGE e CTC.

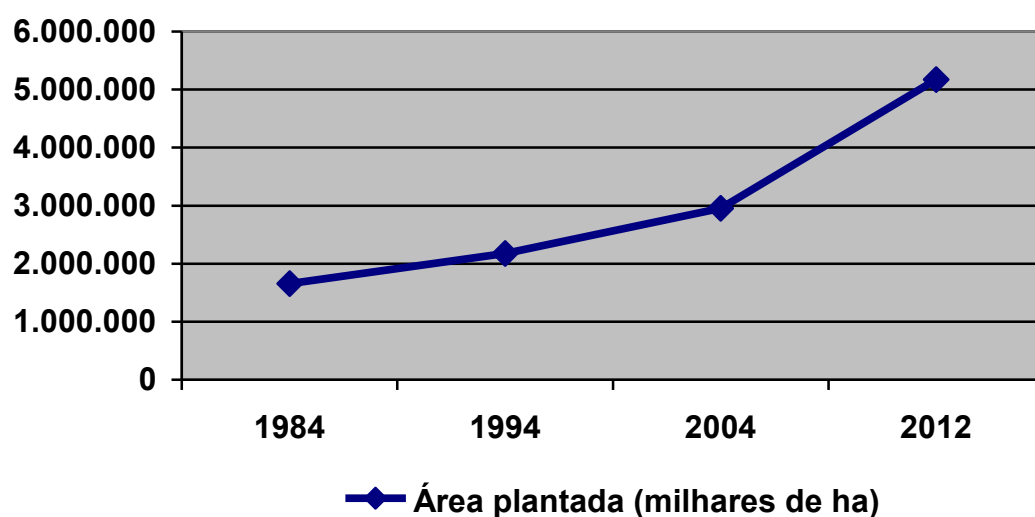
A Região Centro-Sul é responsável por mais de 80% da produção do setor sucroalcooleiro, sendo São Paulo o principal estado produtor. (Figura 6). Houve uma grande expansão da concentração de canaviais, que se estendeu a noroeste do estado de São Paulo (Figura 7). A área plantada da cana de açúcar passou de 3 milhões de hectares em 2003 para mais de 5 milhões de hectares em 2013 (ÚNICA, 2014).

**Figura 7. Concentração espacial da produção de cana de açúcar no estado de São Paulo nos anos de 2003 e 2013.**



Fonte: CANASAT/INPE.

**Gráfico 5. Área dos canaviais do Estado de São Paulo entre 1984-2012 (ha).**

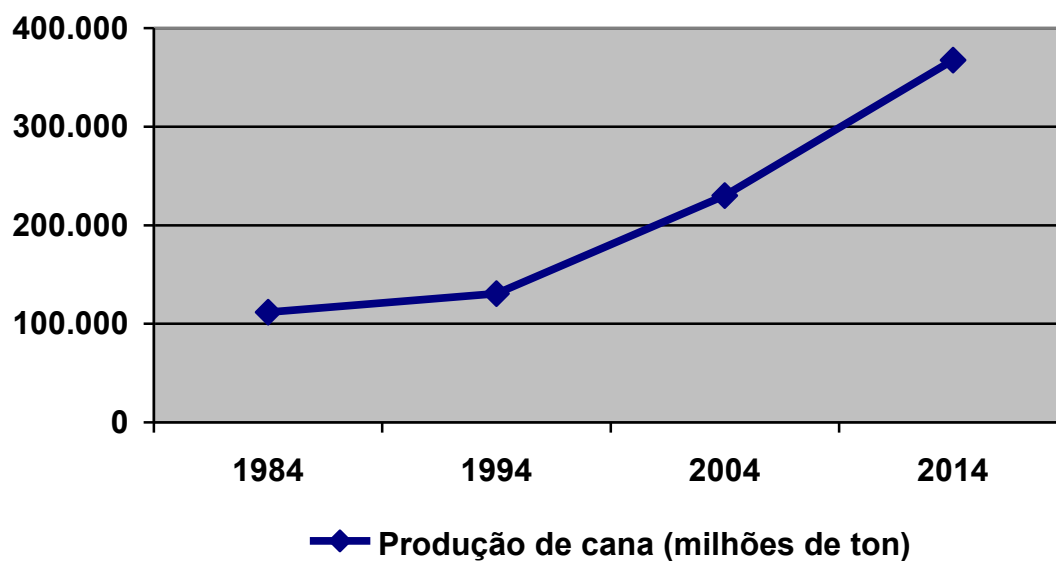


Fonte: IBGE-SIDRA/ÚNICA.

Organização: Beatriz Marques Gabelini.

O Gráfico 5 representa a área dos canaviais do estado de São Paulo entre 1984-2012, o aumento mais significativo pode ser visto no período de 2000 a 2012.

**Gráfico 6. Produção de cana no Estado de São Paulo entre 1984- 2014 (t)**

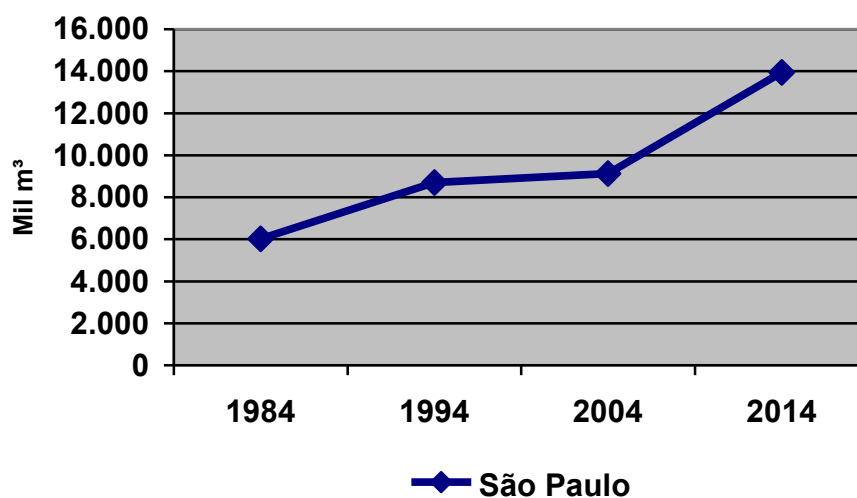


**Fonte:** IBGE-SIDRA/ÚNICA.

**Organização:** Beatriz Marques Gabelini.

O Gráfico 6 representa a produção de cana de açúcar no estado de São Paulo entre o período de 1984 e 2014. Entre a década de 80 e 90 quase não houve aumento da produção, mas após a década de 90 há um aumento significativo da produção, que passa dos 200.000 milhões de toneladas para mais de 350.000 milhões de toneladas.

**Gráfico 7. Produção de etanol no Estado de São Paulo entre o período 1984-2014 (mil m<sup>3</sup>).**

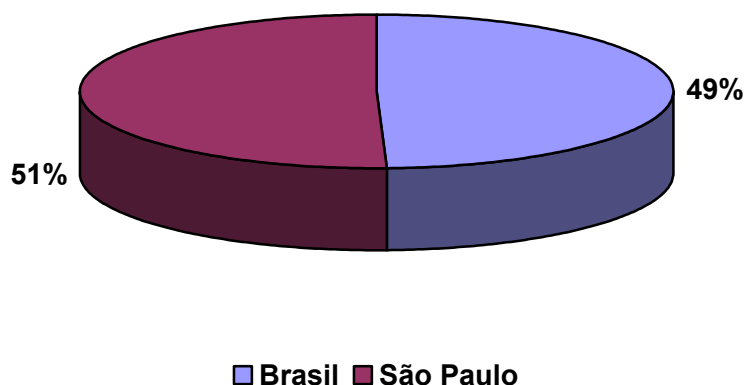


**Fonte:** IBGE-SIDRA/ÚNICA.

**Organização:** Beatriz Marques Gabelini.

O Gráfico 7 representa a produção de etanol no estado de São Paulo no período de 1984 a 2014. É possível observar que dos anos 90 à 2000 quase não há aumento da produção, porém após 2004 a produção aumenta aproximadamente 6000 milhares m<sup>3</sup>.

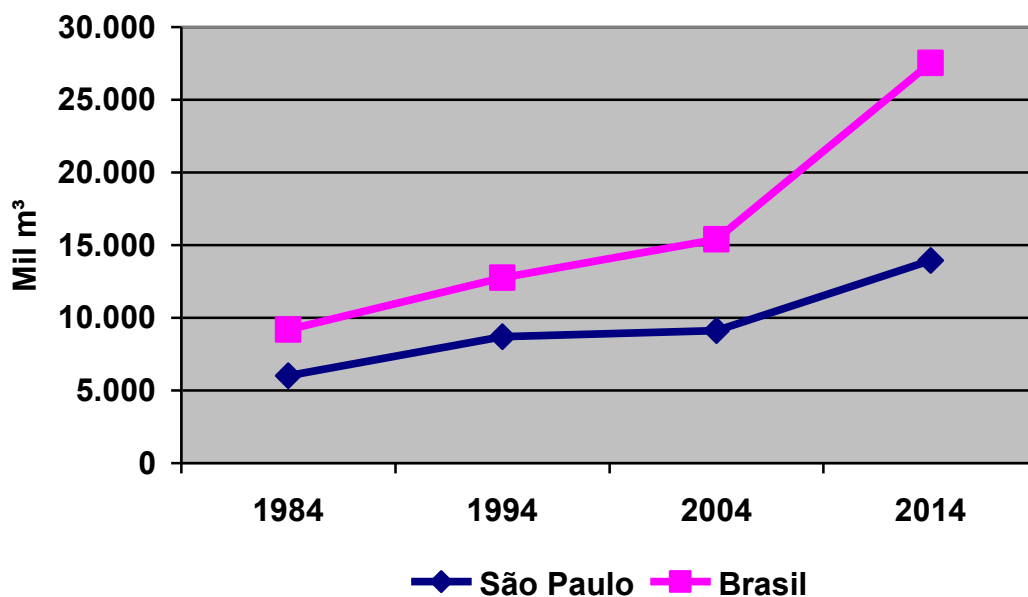
**Gráfico 8. Volume da produção de etanol paulista comparado com o Brasil em 2014.**



**Fonte:** IBGE-SIDRA/ÚNICA.

**Organização:** Beatriz Marques Gabelini.

**Gráfico 8. Comparação entre as produções de Etanol do Estado de São Paulo e Brasil entre o período de 1984-2014.**



**Fonte:** IBGE-SIDRA/ÚNICA.

**Organização:** Beatriz Marques Gabelini.

Os Gráficos 7 e 8, representam comparativamente a produção de etanol no Brasil e no estado de São Paulo. Como se observa no Gráfico 7, São Paulo é responsável por 49% da produção total do país. Os outros 51% representam a produção nos demais estados. O Gráfico 8 enfatiza o crescimento da produção nos anos 90 até os dias de hoje tanto para São Paulo quanto para os demais estados do país.

A partir desse estudo sobre a produção da cana de açúcar, a modernização do setor sucroalcooleiro, e a compreensão da complexidade e da importância no contexto nacional fica evidente que a geração de novas fontes de energia é o caminho para uma produção mais limpa e quem sabe a promoção do desenvolvimento sustentável dentro do contexto da produção sucroalcooleira. Neste sentido, faz-se necessário o estudo sobre os impactos que esta produção gera no meio ambiente, tema do próximo capítulo desta pesquisa.

## **CAPÍTULO 3 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Como observado no Capítulo 2, o setor sucroalcooleiro brasileiro vem se modernizando. Atualmente, sua produção se encontra em processo de expansão, principalmente, para suprir a demanda energética. Para atender essa demanda, a indústria busca novos artifícios que vão além do aumento da produtividade. A preocupação se dá no campo ambiental em que são pensadas novas políticas de desenvolvimento limpo e melhores práticas sócio-ambientais na cadeia produtiva do etanol. A partir deste pensamento surge uma necessidade na sociedade de se preocupar com os efeitos desse aumento na demanda e na produção, portanto, há de ser necessário estudar e compreender os impactos socioambientais relacionados a essa monocultura de cana de açúcar e industrialização do álcool (SANTO, 2007).

Este capítulo se inicia com uma breve descrição da cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro para facilitar a compreensão dos aspectos socioambientais observados na produção.

### **3.1 – Cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro**

A agroindústria canavieira é composta por um conjunto de atividades, que envolve dois setores: agrícola e industrial (ANDRADE, DINIZ, 2007; SANTO, 2007). O primeiro refere-se aos aspectos ligados às atividades desenvolvidas na área em que à cultura da cana de açúcar ocupa e a utilização dos recursos naturais, como a água e o solo. E o segundo aos aspectos ligados à fábrica de açúcar como também na destilaria de álcool, através das quais se obtêm o açúcar e suas derivações - o álcool anidro e hidratado, além da vinhaça e do bagaço considerados os principais resíduos. Durante a fase industrial, no processamento da cana, também se utilizam recursos naturais (SANTO, 2007).

### **3.2 – Fase industrial**

Após a colheita, a cana, passa por um processo industrial. A primeira operação deste processo é uma lavagem com jatos de água para eliminar as impurezas que são originárias da fase agrícola. Assim como na fase agrícola, no processo de industrialização do açúcar e do álcool também são gerados muito

impactos socioambientais, porém estes se caracterizam em maior escala (BERRIOS, 1993).

De acordo com Berrios (1993), os impactos podem ser observados nos quatro sistemas físicos (ar, água, solo e organismos vivos), porém a água é a que recebe o maior impacto nesta fase. Para produzir açúcar e álcool são necessários grandes volumes de água no processo de fabricação.

Santo (2007) apud ROSSETO (2004) afirma que o setor sucroalcooleiro demanda cerca de 40% da água utilizada pelas indústrias no estado de São Paulo. Seu uso se faz na lavagem das caldeiras e das instalações em geral; também na geração de vapor, no resfriamento de gases, na filtração; na incorporação ao produto final, no caso do álcool hidratado, e etc.

Após a lavagem, dando seqüência ao processo produtivo, a cana é picada, visando a destruição da casca, dos nós e dos vasos celulares, para facilitar a extração do caldo, produto final da moagem da cana. Nesta mesma etapa, através do processamento da cana, é possível obter o bagaço, outro subproduto de suma importância no processo. O bagaço é muito valorizado nas usinas como fonte geradora de energia para várias etapas da produção do açúcar e do álcool (SANTO, 2007).

De acordo com Santo (2007), a fabricação de álcool no Brasil é

exclusivamente por via de fermentação, baseada no aproveitamento do mel final ou melaço das usinas. Após a fermentação, obtém-se o vinho, que encaminhado para a destilaria, é depurado duas vezes em uma coluna de depuração – na primeira, eliminam-se os ésteres e aldeídos e, na segunda, é fracionado em vinhoto ou vinhaça e flegma (principal produto da destilação), que é destilado novamente, resultando no álcool bruto ou de segunda e nos resíduos flegmaça e óleo fúsel. Acrescenta-se benzol ao álcool bruto para obter o produto final – o álcool anidro. A etapa de fabricação do álcool de cana, conforme STUPIELLO (1987 apud PIACENTE, 2005), resumidamente, se divide nas operações de extração do caldo, preparo do mosto, preparo do fermento, fermentação, destilação, retificação e desidratação. (p.50)

Conforme observado, na fase industrial todos os processos resultam em subprodutos (resíduos) que podem ou não serem aproveitados pelo sistema. A partir disto, é vista a necessidade de caracterizar cada fonte poluidora da fase industrial.

### **3.2.1 – Fontes poluidoras da água**

De acordo com Santo (2007) a cultura da cana de açúcar não é irrigada, caracterizando um menor gasto de água na fase agrícola e maior gasto na fase

industrial. A usina utiliza água para lavagem das caldeiras e das instalações em geral; na geração de vapor, no resfriamento de gases, na filtração, na incorporação ao produto final, no caso do álcool hidratado, entre outros. Também há consumo durante o processo de fermentação e destilação do caldo da cana.

A maior parte da água utilizada e contaminada acaba sendo despejada nos rios. Para remediar a questão da poluição da água, pensou-se na reutilização dentro de um circuito fechado. O principal objetivo seria alcançar a recirculação total do líquido, sem necessidade de novas captações e, assim, acabando os impactos sobre o meio físico (BERRIOS, 1993). Esta água utilizada e poluída, resultante do processo de industrialização, é destinada aos corpos hídricos sem nenhum tipo de tratamento.

Do processo de fermentação resultam grandes volumes de vinhaça e torta de filtro, que apesar de não ser tóxica, tem elevado DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), o que pode impactar drasticamente na vida aquática. Andrade e Diniz (2007) afirmam

que na maioria dos países produtores de açúcar, já existem normas de controle de efluentes líquidos que estabelecem um limite da quantidade de orgânicos, entre 15 e 60 mg/L de DBO, com exceção da Índia, onde o limite é de 100 mg/L (Purchase, 1996). Nestes países, o tratamento dos efluentes é realizado em lagoas anaeróbicas ou aeróbicas. (p. 45)

Os episódios de poluição da água causados por efluentes líquidos nos corpos de água só tem aumentado, principalmente pelas águas da lavagem da cana e vinhaça lançadas nos rios (BERRIOS, 1993). Técnicas de reuso, retorno de condensáveis, implementação de limpeza a seco da cana, macromedição do consumo e desassoreamento das represas de captação permitem que as usinas mantenham a produção sem alterar a quantidade e a qualidade dos corpos de água próximos (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Porém, não é sempre que as usinas buscam manter um padrão de desenvolvimento limpo, e muitas ainda captam elevadas vazões e não operam com 100% de reuso das águas de resfriamento; dessa forma, os corpos de água podem ser afetados negativamente. São necessárias políticas de reuso destes efluentes líquidos e resíduos como a vinhaça e a torta de filtro, mas não podemos esquecer que outra fonte de poluição das águas é o uso dos herbicidas que continua

ameaçando os recursos hídricos. A vinhaça em contato com a água subterrânea indisponibiliza sua potencialidade, pois transfere aos lençóis freáticos, altas concentrações de amônia, magnésio, alumínio, ferro, manganês, cloreto e matéria orgânica.

Em suma, segundo Alvarenga e Queiroz (2008) os principais impactos ambientais na fase industrial do setor sucroalcooleiro são a geração de resíduos potencialmente poluidores como a vinhaça e a torta de filtro; a utilização intensiva de água para o processamento industrial da cana; e o forte odor gerado na fase fermentação e destilação para a produção de álcool.

### **3.2.2 – Fontes poluidoras do solo**

#### **3.2.2.1 – Vinhaça**

A vinhaça (vinhoto, tiborna ou garapão) é subproduto (resíduo) do processo de fabricação de etanol, a partir da destilação do caldo fermentado da cana-de-açúcar. Caracteriza-se por ser um líquido escuro, viscoso e concentrado, de odor desagradável, sem oxigênio dissolvido, alta turbidez e baixo pH, além da elevada temperatura com que sai dos destiladores (FRANCISCO, 2008 apud TAUKE, 1982). Corazza (2006) apud Plaza-Pinto (1999) afirma que a vinhaça é uma suspensão de sólidos orgânicos e minerais com elevadas DBO, de onde vem seu grande potencial poluidor.

A composição da vinhaça varia de acordo com a sua origem, pode ser gerado a partir do caldo da cana ou do mosto do melaço; varia de acordo com a usina onde foi produzida, a época da safra, a variedade de cana utilizada na moagem, o índice de maturação da cana, o tipo de solo onde ela foi cultivada, o nível de fertilidade do solo, o sistema de preparo do mosto, o método de fermentação, a linhagem de levedura utilizada, o tipo de aparelho de destilação utilizado, a metodologia, entre outros.

Segundo Corazza (2006) os interesses dos cientistas em pesquisar questões ligadas à vinhaça datam das décadas de 40 e 50. O interesse surgiu, pois nesta época este resíduo era despejado nos mananciais de superfície provocando a atenção dos órgãos de controle ambiental e da comunidade científica frente aos impactos ambientais gerados a partir da contaminação da água e do solo por este resíduo.

Francisco (2008) cita que os primeiros estudos sobre a aplicação da vinhaça nos solos datam da década de 50 e foram realizados por Jaime Rocha de Almeida e colaboradores, na região de Piracicaba. Eles foram responsáveis pelos primeiros dados sobre a composição química da vinhaça.

A vinhaça apresenta pH ácido (valores entre 3,5 e 4,9), alta DBO (valores entre 6.680 e 75.330 mg/L) – o que indica grande concentração de matéria orgânica biodegradável, alta concentração de potássio (entre 814 e 3.852 mg/L de K<sub>2</sub>O), assim como quantidades consideráveis de sulfato, cálcio, magnésio e nitrogênio. Essas características conferem caráter fertilizante, podendo substituir adubações minerais, diminuindo o custo da produção agrícola (FRANCISCO, 2008 apud ALMEIDA, 2001).

Até o final da década de 70 eram lançados nos mananciais grandes volumes de vinhaça, porém essa prática estimula a proliferação de microorganismos que esgotam o oxigênio presente na água, destruindo a fauna e flora aquática além de dificultar o abastecimento de água potável.

Com o passar dos anos e a implantação de programas incentivadores à produção de etanol, como o PROÁLCOOL, viu-se o aumento dos danos ambientais ligados a fauna e flora dos mananciais. Vendo que a destinação da vinhaça era um tema importante a ser explorado, surge na década de 70 a preocupação com a destinação da vinhaça no solo. Neste caso, Andrade e Diniz (2007) afirmam que inicialmente, as usinas,

escavavam imensos tanques de acumulação, chamados “maracanãs”, de modo a permitir armazenamento de grandes volumes por 10, 15 dias seguidos, o que resultava na exalação de fortes odores durante toda a safra e, não raro, no período da entressafra, quando os lodos eram removidos dos tanques. A matéria orgânica tornava-se foco de intensa proliferação de moscas. Destes tanques, a vinhaça, já em estado de decomposição anaeróbia, era destinada às áreas ditas de “inundação”, formando-se extensos alagados a fim de permitir sua infiltração empírica no terreno, sem nenhum controle. Daí, estes locais serem conhecidos como “áreas de sacrifício”. (p.49)

As áreas de sacrifício são uma alternativa para destinação da vinhaça. Possuem este nome por serem áreas da superfície que recebem a vinhaça não tratada, e tornam-se totalmente inutilizadas para quaisquer fins. É importante ressaltar que ainda existem casos de uso dessa prática.

Visto que a técnica de utilizar as áreas de sacrifício não é eficiente, pois afetam o solo tornando-o improdutivo, surge nos anos 80, uma nova prática –

Fertirrigação. Segundo Andrade e Diniz (2007), no estado de São Paulo, a Lei Nº 7641 de 1991, permitiu a irrigação ou fertirrigação de solo através da aplicação de efluentes líquidos industriais de origem orgânica, desde que seja comprovado que suas características químicas conferem alta biodegradabilidade no solo, não havendo presença de compostos orgânicos metálicos. A fertirrigação é responsável pelo resultado do efeito positivo da vinhaça na produtividade da cana de açúcar. Atualmente a maioria das usinas utiliza a vinhaça como adubo (FRANCISCO, 2008).

Para ser utilizada como adubo, a vinhaça é conduzida por meio de bombas encanadas até o topo do terreno, onde é despejada, e daí escorre regando os pés de cana. Para os fazendeiros que não possuem capitais e nem tecnologia suficiente para essa prática, se utilizam de tanques puxados por tratores para levar a vinhaça até as plantações, sendo derramado no solo através de barras distribuidoras ou chuveiros. Este sistema de reutilização do caldo resolve grande parte do problema do resíduo, reaproveitando-o como adubo orgânico (BERRIOS, 1993).

Vale ressaltar, que o caldo da vinhaça está em plena fermentação, exalando mau cheiro. Este fedor parece uma mistura de vinagre com uréia ou material decomposto que se espalha por toda região ao entorno das plantações, afetando diretamente a população do campo e das cidades próximas (BERRIOS, 1993).

### **3.2.2.2 – Torta de Filtro**

A torta de filtro também é subproduto do processo de destilação do álcool, assim como a vinhaça. Dessa maneira, pode ser utilizado na agricultura como fonte de nutrientes.

A torta de filtro resulta da clarificação do caldo, com emprego de polietrólitos e outras substâncias químicas. Para cada tonelada de cana moída obtém-se cerca de aproximadamente 25 Kg de torta (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Após separação deste resíduo, este é destinado e acumulado em áreas ao ar livre, diretamente no solo, para ser armazenado até a adubação da cana.

A torta de filtro é rica em diversos metais, como: alumínio, manganês, zinco e ferro (ANDRADE, DINIZ, 2007). Apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio, magnésio, além de elevada DBO, maior responsável pela poluição das águas e solos (ANDRADE, DINIZ, 2007; FRAVET, et al, 2010).

Juntamente com a vinhaça, a torta de filtro, é utilizada como fertilizante e composto químico, porém Andrade e Diniz (2007) afirmam que não existe registro destes insumos junto ao Ministério da Agricultura, e que não foram encontrados estudos que tenham determinado as taxas de aplicação mais recomendadas para assegurar a não contaminação do solo e águas subterrâneas.

### **3.2.2.3 – Cinzas**

A geração de cinzas ocorre a partir da queima do bagaço da cana nas caldeiras. Essa queima pode caracterizar diferentes proporções de cinzas, pois esta depende do tipo da biomassa e da quantidade de impurezas advindas da fase agrícola (ANDRADE, DINIZ, 2007; FRAVET, et al, 2010).

Assim como a vinhaça e a torta de filtro, não foram encontrados estudos que apontassem a taxa de aplicação mais apropriada para assegurar a não contaminação do solo.

## **3.2.3 – Fontes poluidoras do ar**

### **3.2.3.1 – Caldeiras**

Durante a fase industrial é possível observar outras fontes poluidoras, dentre elas está à queima do bagaço de cana nas caldeiras. A queima do bagaço é realizada para suprir toda a energia térmica, elétrica e mecânica das usinas a partir de vapor d'água (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Assim como a queima da palha da cana oferece riscos à saúde da população, os efeitos da queima do bagaço também oferecem. Essa prática tinha sido esquecida pela sociedade e pelos órgãos ambientais, que se preocupavam com a queima da palha da cana. Porém com o aumento da demanda de energia de co-geração aumentaram os impactos ambientais e foi preciso aprimorar as exigências de controle de poluição do ar.

De acordo com Andrade e Diniz (2007),

A queima de bagaço de cana gera como principais poluentes: material particulado (MP), monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O MP está associado ao residual de cinzas, fuligens e outros materiais. Provoca efeitos estéticos indesejáveis em virtude de sua cor escura e causa incômodos ao bem estar público por sua precipitação nas residências. Sua fração inalável penetra nos pulmões e diminui a capacidade respiratória. Para seu controle, geralmente, são empregados lavadores de gases que ao menos no início da safra os retém, satisfatoriamente. (P. 56)

Os poluentes gerados pela queima do bagaço da cana, material particulado, monóxido e dióxido de carbono influenciam diretamente no sistema respiratório humano por isso torna-se necessário frisar que o controle das emissões gasosas, das caldeiras a bagaço, deve ser feitas concomitantemente com o monitoramento da qualidade do ar nas principais cidades canavieiras.

#### **3.2.3.2 – Depósito de bagaço de cana**

O depósito de bagaço de cana também é uma fonte poluidora do ar. Andrade e Diniz (2007) enfatizam que o seu armazenamento ao ar livre não conta com proteção da ação das águas pluviais e os ventos arrastam a fração do bagacilho ou material particulado no entorno do complexo industrial. Este bagacilho pode provocar pneumoconiose nos trabalhadores. Além disso, causa efeitos estéticos indesejáveis nos telhados e vias de circulação, que permanecem constantemente sujos no período da safra.

A solução para este problema seria a deposição desses resíduos em galpão fechado impedindo as ações da água e do vento.

### **3.3 – Fase agrícola**

De acordo com Andrade e Diniz (2007), qualquer atividade agrícola, na medida em que emprega recursos naturais, como a água e o solo; usa insumos defensivos químico, como fertilizantes e praguicidas, apresenta algum impacto ambiental. Dessa forma, se faz necessário compreender que se houver planejamento e um cuidado com o solo agrícola será possível reduzir muito os impactos ambientais gerados, pensando em técnicas de conservação para cada cultura e região.

Na fase agrícola, as atividades estão relacionadas ao cultivo da cana de açúcar, dentre elas estão preparar o solo, plantar, tratar da cultura (controle de ervas daninhas, adubação e vigilância fitossanitária) e colher.

Um dos primeiros impactos que podem ser observados na fase agrícola é a compactação do solo, que pode ocorrer quando é feito uma limpeza inicial no terreno a fim de destruir restos de culturas existentes no solo anteriormente (SANTO, 2007).

Outro impacto muito conhecido da fase agrícola são os efeitos dos produtos químicos. A cana de açúcar requer pouca utilização de agrotóxico, principalmente

pela adaptação às condições de solo e de clima em que são cultivadas no Brasil. Os herbicidas são o grupo mais utilizado. O consumo de inseticidas é relativamente baixo, sendo quase nulo o de fungicidas (ANDRADE, DINIZ, 2007).

Andrade e Diniz (2007) pontuam os principais impactos socioambientais observados na cultura da cana de açúcar:

- Redução da biodiversidade, causada pelo desmatamento e pela implantação de monocultura;
- Contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, por meio da prática excessiva de adubação química, corretivos minerais e aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas;
- Compactação do solo, pelo tráfego de máquinas pesadas, durante o plantio, tratos culturais e colheita;
- Assoreamento de corpos d'água, devido à erosão do solo em áreas de reforma;
- Emissão de fuligem e gases de efeito estufa, na queima, ao ar livre, de palha, durante o período de colheita
- Danos à flora e fauna, causados por incêndios descontrolados;
- Consumo intenso de óleo diesel, nas etapas de plantio, colheita e transporte;
- Concentração de terras, rendas e condições subumanas do trabalho do cortador de cana. (p. 35).

Além dos apresentados anteriormente, o impacto mais discutido e mais preocupante na fase agrícola é a prática da queima da palha da cana, como facilitador no processo de colheita. Dedicamos o quarto capítulo dessa obra para nos debruçar de uma maneira mais atenta para os problemas ligados a prática da queimada.

## **CAPÍTULO 4 – A QUEIMADA DA CANA**

Há indícios, que desde a década de 70, o fogo é utilizado para facilitar a colheita da cana de açúcar e a ampliação da sua prática está relacionada aos incentivos governamentais feitos às usinas sucroalcooleiras e ao PROALCOOL (BARROCAS, 2011).

A maioria dos produtores de cana utiliza a queima como processo de despalha. A queima é uma prática muito antiga na agricultura, e no caso da biomassa estudada, facilita a colheita manual e mecânica. Neste processo o que se queima é a palha, que envolve a cana.

No Brasil, o fogo é utilizado como prática corriqueira, porém, com esta prática ocorre a emissão de uma grande quantidade de poluentes na atmosfera que trazem sérias consequências ambientais, e que refletem no comprometimento da qualidade de vida e na saúde das pessoas que residem em áreas próximas as usinas (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004).

O processo de queimada pode ocorrer no período que antecede a colheita como no período pós colheita. Este processo é escolhido, pois facilita o processo de rendimento do corte, a redução de acidentes de trabalho envolvendo o cortador de cana; a melhoria da qualidade tecnológica da matéria prima; o controle de plantas daninhas e pragas; a redução de custos de corte, carregamento, transporte e processo industrial (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004; BARROCAS, 2011).

A cana de açúcar é uma planta bastante rígida, com tecidos resistentes e elásticos, o que dificulta o seu corte. A maior parte da cana é colhida manualmente (FICARELLI, RIBEIRO, 2010). Neste caso, a queimada pré colheita facilita, tornando a planta mais quebradiça, maximizando a capacidade de corte e diminuindo o tempo de colheita.

Comumente, a prática da queima da cana ocorre ao entardecer, quando a temperatura está mais amena e os ventos podem estar mais fracos e com direção constante. A umidade do canavial, durante a noite, favorece a ocorrência da combustão e início da queimada. Após a queima, na manhã seguinte já pode ser iniciado o corte da cana (BARROCAS, 2011).

O fogo é intenso, porém dura pouco tempo, especialmente se o clima estiver seco e com baixa umidade, característico do clima de inverno presenciado no interior paulista (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004; BARROCAS, 2011). O fogo,

normalmente, dura cerca de 20 a 30 minutos, mas a queima depende do tamanho do talhão e só cessa após a queima total da palha seca.

Além dos efeitos negativos no sistema respiratório, as queimadas também agredem o solo. Durante a queimada, quando as labaredas atingem cerca de 6 a 8 metros, a temperatura se eleva a 700/800°C em até dois centímetros de profundidade do solo, registrando um aumento de 15°C da temperatura normal. Dessa forma, a matéria orgânica responsável pela fertilidade da terra, pela microflora e microfauna é destruída. A alta temperatura compacta o solo reduzindo a infiltração da chuva, e causando maior escoamento da água e aceleração dos processos erosivos (BARROCAS, 2011).

Segundo Roseiro, Takayanagui (2004),

Freqüentemente, as queimadas da cana-de-açúcar matam animais e plantas promovendo o desequilíbrio ecológico, invadem áreas de nascentes circundadas por vegetação ciliar, atingem acidentalmente ou não as áreas de preservação permanente, destruindo florestas inteiras, sujam casas, causam cortes de fornecimento de energia elétrica e impedem a visibilidade em estradas provocando acidentes. (p.80)

Visto que existem muitos impactos no meio ambiente devido à queima da palha da cana, torna-se necessário compreender os processos de colheita.

#### **4.1 - Processo de Colheita**

A colheita é realizada a partir do corte dos caules juntos do solo, processo este que pode ser realizado tanto manualmente como mecanicamente. Quando colhida manualmente, a cana é cortada com auxílio de um facão, quando colhida mecanicamente, depende de maquinaria pesada e especializada (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004; BARROCAS, 2011).

O tipo de colheita da cana pode influenciar a produtividade e a longevidade da cultura, assim como, os atributos fisiológicos, tecnológicos, sociais e os econômicos (SOUZA et al, 2005). Os fatores fisiológicos representam para a colheita o final do ciclo do crescimento e maturação, com prioridade máxima à produção permitida pela ecologia e tecnologia. O fator social enfatiza a sazonalidade dos trabalhadores, pois na safra surge a mão de obra volante e desqualificada. O aumento do número de trabalhadores, de frotas de tratores, de carregadoras e veículos de transporte torna aparente a grande importância dos fatores administrativos, tecnológicos e gerenciais na colheita e transporte da cana. O fator

econômico diz respeito a escolha do sistema de colheita adotado pela indústria, produção e produtividade agrícolas que poderão demonstrar o sucesso ou fracasso da colheita na safra (SOUZA et al, 2005; BARROCAS, 2011).

Existem quatro tipos de colheita de cana: o corte manual em cana queimada e cana crua, e o corte mecanizado em cana queimada e cana crua. O processo mais utilizado é o processo de colheita manual de cana queimada, quase três vezes mais eficiente que os outros processos de colheita (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004).

O processo de colheita manual da cana queimada é mais eficiente que o processo sem queima. A colheita manual de cana crua (Figura 8) faz com que a cana carregue impurezas vegetais que dificultam o transporte e o processo nos maquinários da usina, compactando o solo e diminuindo a presença de matéria orgânica; além da redução dos rendimentos do trabalhador rural (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004). Neste caso, prefere-se que ocorra a queima da cana (Figura 9), pois além de facilitar e aumentar o rendimento do corte, também elimina de 50 a 70% das folhas secas; controla as pragas e plantas daninhas, reduz os custos de transporte, corte e carregamento da cana. Neste sistema o corte manual rende 9 toneladas/homem/dia (BARROCAS, 2011) O carregamento é mecânico e o transporte efetuado por caminhões, carretas e trens.

**Figura 8. Processo de colheita da cana crua manualmente.**



**Fonte:** <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Foto de Raffaella Rossetto.

**Figura 9. Processo de colheita da cana queimada manualmente.**



**Fonte:** <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Foto de Raffaella Rossetto.

Outro sistema que também envolve a queima é a colheita mecanizada de cana queimada. As fases desse sistema são as mesmas que as do anterior, ou seja, queima, corte, carregamento e transporte. O seu rendimento gira em torno de 30 a 50 toneladas de cana queimada/hora (BARROCAS, 2011).

Há também a colheita mecanizada da cana crua (Figura 10) que não apresenta queima e suas fases são as mesmas que a da colheita mecanizada de cana queimada. A colheita da cana crua tem suas vantagens: maior flexibilidade da colheita, aumento das atividades microbianas e a das minhocas, melhoria da estrutura do solo, menor custo dos tratos culturais, proteção do solo contra erosão e radiação. Porém, possui maior risco de pegar fogo; torna-se necessário realizar a drenagem superficial do solo; há um aumento do custo de transporte e das impurezas da matéria prima; aumento da infestação por pragas, e atraso da brotação da soqueira (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004; BARROCAS, 2011).

**Figura 10. Processo de colheita mecanizada da cana crua.**



**Fonte:** <http://www.unica.com.br/documentos/fotos/>.

A colheita mecanizada da cana crua é a que apresenta um menor custo operacional (BARROCAS, 2001). Mas, por ser um sistema novo ainda serão necessárias muitas alterações significativas em relação a este processo, ou seja, será preciso um tempo de adaptação desse processo para provar que esta é a melhor alternativa para colheita, visto que será necessária uma elevada capacidade

operacional e há risco de tombamento das máquinas em topografia com declividade acima de 12% (RIBEIRO, 2008).

Mesmo entendendo que a colheita mecanizada crua é a melhor alternativa para colheita da cana, sabemos que a escolha dos produtores é outra e está ligada ao fator econômico, portanto, a prática mais comum de colheita hoje no Brasil, é a manual com queima. De acordo com Ribeiro (2008), o corte da cana é mecanizado em 25% da produção brasileira e 40% da população paulista, fora disso é cortado manualmente e sofre queima pré-corte.

O período de safra vai de maio a novembro, coincidindo com a época de baixas precipitações pluviométricas e piores condições de dispersão dos poluentes. Desta forma, aumentam-se as chances das queimadas gerarem impactos negativos sobre a qualidade do ar nas regiões canavieiras (RIBEIRO, 2008).

Os danos causados pela prática da queimada não comprometem apenas o ar, mas também o solo, a água e os organismos vivos, principalmente os seres humanos de faixas mais vulneráveis, as crianças e os idosos (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004).

Segundo Roseiro, Takayanagui (2004), dentre os diversos problemas ambientais,

relacionados à poluição do ar representam uma séria ameaça à saúde da população pelo impacto causado pela emissão de importantes agentes perigosos na atmosfera, especialmente os químicos, provenientes de processos industriais e do desenvolvimento tecnológico. (p.80)

Desta forma, por pressão dos ambientalistas frente aos impactos causados pela queima da palha, foi aprovado o decreto de Lei Estadual Nº 47.700, de 11 de março de 2003, que regulamenta a Lei Estadual Nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, que determinou prazos para a eliminação gradativa do emprego do fogo para a despalha da cana nos canaviais paulistas. O Quadro 1 mostra o cronograma de eliminação da queimada em área de canavial, até 2021 para áreas mecanizáveis e até 2031 para áreas não mecanizáveis (RIBEIRO, 2008).

**Quadro 1. Cronograma de eliminação da queimada em área de canavial.**

| <b>ANO</b>  | <b>Área mecanizável onde não se pode efetuar queima da cana</b> | <b>Percentagem de eliminação da queima</b> |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>2006</b> | 30% da área cortada                                             | 30% eliminada                              |
| <b>2001</b> | 60% da área cortada                                             | 60% eliminada                              |
| <b>2021</b> | 100% da área cortada                                            | 100% eliminada                             |

| <b>ANO</b>  | <b>Área não mecanizável, com percentagem de eliminação (declividade superior a 12% e/ou menor de 150ha)</b> | <b>Onde não se pode efetuar a queima</b> |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>2011</b> | 30% da área cortada                                                                                         | 30% eliminada                            |
| <b>2021</b> | 60% da área cortada                                                                                         | 60% eliminada                            |
| <b>2031</b> | 100% da área cortada                                                                                        | 100% eliminada                           |

**Fonte:** Diário Oficial do Estado de São Paulo (2007).

**Elaboração:** Beatriz Marques Gabelini.

As datas da proibição total da queima da cana foram contestadas pelos usineiros. O principal fator de reclamação é o alto custo que seria gasto na maquinaria necessária para a colheita. A previsão inicial era de que a proibição total fosse efetiva em 2031. Porém, alguns acordos foram realizados posteriormente, e os usineiros e fazendeiros se sentiram pressionados a aceitar o cronograma. A área colhida de cana crua e mecanizada tem apresentado aumento expressivo em São Paulo, pois representava 34,2% na safra de 2006/2007 e 49,1% na de 2008/2009. Contrariamente, a área colhida com fogo pré colheita reduziu-se de 65,8%, na safra 2006/2007, para 50,9%, na safra 2008/2009 (Governo do Estado de São Paulo, 2009).

#### **4.2 – Efeitos da queimada à saúde**

A queimada é uma combustão incompleta ao ar livre, neste caso, abordaremos a queima da biomassa em questão, a cana de açúcar. Desta combustão incompleta resultam emissões de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), matéria particulada (fuligem), além de cinzas. Resultam também,

compostos orgânicos simples e complexos representados pelos hidrocarbonetos (HC), outros compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, como matéria orgânica policíclica (BRAGATO et al, 2008; RIBEIRO, 2008). Além disso, como nas queimadas a combustão se processa com a participação do ar atmosférico, há também emissões de óxidos de nitrogênio, em especial o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) (BARROCAS, 2011; RIBEIRO, 2008).

Além das emissões diretas de poluentes primários, ocorrem na atmosfera outras emissões e reações fotoquímicas, que resultam em compostos que podem ser mais tóxicos que os seus precursores, como o Ozônio (O<sub>3</sub>), os peroxiacil nitratos (PAN) e os aldeídos (RIBEIRO, 2008). Também é emitido dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) (BRAGATO et al, 2008).

A partir dessas informações é possível determinar os principais efeitos que estes poluentes podem criar na saúde humana.

#### **4.2.1 – Material Particulado**

De acordo com Ribeiro (2008) apud WHO (1979), o efeito do material particulado se difere de acordo com a sua origem, composição química e tamanho das partículas. As partículas maiores, compreendidas entre 5 e 30 µm, depositam no nariz, na boca, na faringe e na traquéia. Já as partículas menores, compreendidas entre 1 a 5 µm depositam-se por sedimentação na traquéia, nos brônquios e nos bronquíolos. Existem partículas menores que 1 µm, estas se depositam nos bronquíolos e alvéolos.

#### **4.2.2 – Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)**

O dióxido de enxofre aumenta a produção de catarro e causa maior resistências as vias aéreas (BARROCAS, 2011). Segundo Ribeiro (2008), estudos feitos com animais demonstram que a inalação de dióxido de enxofre pode interferir na eliminação de bactérias e partículas inertes no pulmão.

Who (1979) apud Ribeiro (2008) afirma que SO<sub>2</sub> é solúvel em meio líquido, parte dele é absorvido no nariz e na faringe, ou na boca quando se respira por ela. O SO<sub>2</sub> absorvido vai então para o sistema sanguíneo, distribuído pelo corpo, sendo metabolizado e removido pelo sistema urinário. Quando a capacidade de absorção das vias aéreas é ultrapassada por alta concentração pode ocorrer edema pulmonar e até morte.

#### **4.2.3 – Óxido de nitrogênio (NO)**

O NO pode ter efeitos diretos ou pode ser precursor de uma reação fotoquímica (Ozônio). Este poluente é menos reagente que o ozônio, apesar de estudos indicarem que asmáticos e pessoas que sofrem de doenças pulmonares obstrutivas crônicas são muito sensíveis aos impactos dos NO sobre a função pulmonar (BARROCAS, 2011; RIBEIRO, 2008).

#### **4.2.4 – Ozônio (O<sub>3</sub>)**

O ozônio próximo da superfície é resultante de reação fotoquímica com a radiação solar. Pessoas que foram expostas a altas concentrações de O<sub>3</sub> podem sentir efeitos nas funções respiratórias de crianças e idosos, aumento na frequência de ataques de asma, redução do desempenho dos atletas, stress adicional em pacientes com doenças pulmonares obstrutivas crônicas, inflamação nos pulmões (RIBEIRO, 2008, 2010).

#### **4.2.5 – Monóxido de Carbono (CO)**

O monóxido de carbono é um gás tóxico, incolor e inodoro resultante da queima incompleta do carbono em combustíveis, em incêndios, ou em queima de lenha em fogões ou lareiras. O envenenamento por CO é uma das causas mais frequentes de mortes ocorridas durante incêndios (BARROCAS, 2011).

De acordo com Ribeiro (2008), o CO combina-se com a hemoglobina para produzir carboxihemoglobina (COHb), deslocando e reduzindo o oxigênio (O<sub>2</sub>) sistêmico arterial. Mesmo concentrações pequenas de CO podem causar consequências tóxicas no sangue humano, resultando em uma molécula de hemoglobina mal formada para liberar O<sub>2</sub> aos tecidos. A menor liberação de oxigênio é detectada pelo sistema nervoso central, que estimula esforços ventilatórios e acelera a respiração, por sua vez aumentando a inalação de monóxido de carbono e elevando os níveis de carboxihemoglobina. Um nível baixo de O<sub>2</sub> nos tecidos podem causar efeitos adversos a saúde. Em níveis mais baixos de COHb, pode causar dores de cabeça, náuseas, tonturas, alterar a percepção visual e a habilidade de fazer tarefas. Concentrações altas podem gerar má formação de feto.

É importante ressaltar que o efeito agudo à saúde se dá principalmente nas pessoas que residem nas áreas próximas ao canavial e aos trabalhadores rurais. Porém, quanto maior a proximidade da queimada, geralmente é maior o seu efeito à saúde. A direção e a intensidade dos ventos têm muita influência sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos e sobre as áreas afetadas pela queimada, porque se os ventos predominantes dirigirem-se para as áreas urbanas ou áreas densamente povoadas atingirá um número maior de pessoas estarão sujeitas aos efeitos dos poluentes (BARROCAS, 2011).

Os efeitos podem ir desde intoxicação até morte por asfixia, pela redução da concentração de oxigênio em níveis críticos e pela elevação no nível do monóxido de carbono, que compete com o oxigênio na sua ligação com a hemoglobina (RIBEIRO, 2008)

De acordo com Ribeiro (2010), ainda são poucos os estudos relacionados a queimada no Brasil, mas é possível afirmar em períodos de queima de cana, há maior quantidade de visitas hospitalares, inalações e internações hospitalares por doenças respiratórias em cidades próximas.

Um elemento resultante do processo de queima é o material particulado, a fuligem, que atingem as populações vizinhas que são obrigadas a conviver com essa poluição. Para compreender o quanto a fuligem é incomoda para a população, foi elaborado um questionário no município de Piracicaba, a fim de obter informações sobre a população que sofre com os impactos ambientais da produção de etanol, com destaque para a questão da queimada da cana. Este questionário justifica-se pelo conceito de pesquisa exploratória, abordado por Malhotra (2011). O principal objetivo da pesquisa exploratória é ajudar a compreender o problema enfrentado pelo pesquisador.

A pesquisa exploratória é usada em casos nos quais é necessário definir o problema com mais precisão, identificar cursos relevantes de ações ou obter dados adicionais antes de poder desenvolver uma abordagem. As informações necessárias são definidas apenas de forma muito ampla nesse estágio, e o processo de pesquisa adotado é flexível e não estruturado. Por exemplo, ele pode consistir em entrevistas pessoais com especialistas do setor. A amostra, selecionada para gerar o máximo de discernimento, é pequena e não representativa. Os dados primários são de natureza quantitativa, sendo analisados como tal. (MALHOTRA, 2011)

Desta forma, a pesquisa exploratória foi utilizada para buscar o problema e obter informações a fim de compreender uma situação. Normalmente, esta pesquisa

vem acompanhada de outras similares ou de pesquisas conclusivas. As pesquisas conclusivas auxiliam na tomada de decisões e ajudam a determinar e avaliar o curso de uma ação.

Os questionários foram aplicados na Praça Central de Piracicaba. Foram entrevistadas 30 pessoas, dentre estes 15 homens e 15 mulheres. Houve uma grande variação de faixa etária, como se observa no Quadro 2:

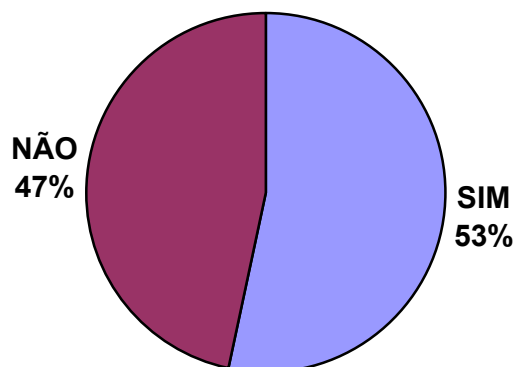
**Quadro 2. Variação etária da pesquisa realizada em Piracicaba.**

| <b>Variação Etária</b> |           |
|------------------------|-----------|
| 0-20 anos              | 6 pessoas |
| 20-30 anos             | 5 pessoas |
| 30-40 anos             | 5 pessoas |
| 40-50 anos             | 4 pessoas |
| 50-60 anos             | 5 pessoas |
| 60-75 anos             | 5 pessoas |

**Fonte:** Dados da pesquisa.

A pesquisa exploratória permite um conhecimento mais completo e mais adequado à realidade (PIOVESAN, TEMPORINI, 1995). Portanto, a partir da compreensão da pesquisa exploratória e uso do instrumento „questionário”, foram geradas algumas acepções a cerca da questão da queimada. Estas acepções surgiram a partir da compilação dos dados fornecidos, e foram transformados em gráficos.

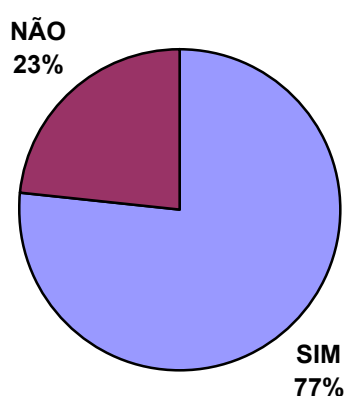
**Gráfico 9. Conhecimento sobre a queimada da cana de açúcar em Piracicaba.**



**Fonte:** Dados da pesquisa.

De acordo com o Gráfico 9, 53% dos entrevistados não sabem por que ocorre a queimada da cana no município. Dentre os indivíduos que sabem por que ocorre a queimada, apenas 6 pessoas relacionaram a queimada a facilitação do processo de colheita da cana.

**Gráfico 10. Incômodo da fuligem entre a população.**

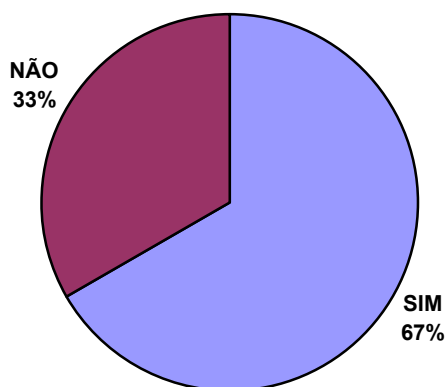


**Fonte:** Dados da pesquisa.

O Gráfico 10, representa se a população vê a fuligem como um incômodo ou não. 77% dos indivíduos entrevistados acham que a fuligem da cana é incômoda

sim, e apontam a questão da perda visibilidade e alterações na saúde como principais problemas.

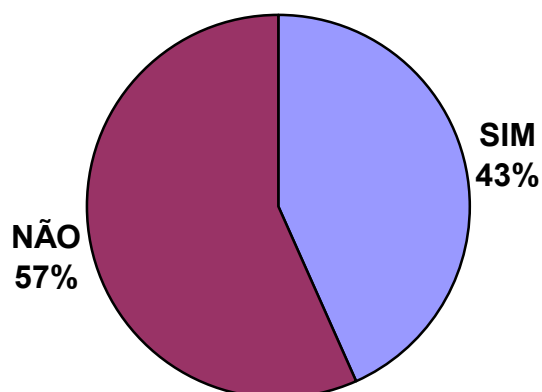
**Gráfico 11. Localização residencial longe da fuligem.**



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Outra questão abordada no questionário está relacionada à localização da residência da população. No caso, saber se a residência está livre ou não da fuligem. A maioria dos indivíduos responderam que sim, compreendendo 67% dos entrevistados, pois estão morando em bairros próximos ao centro e longe das usinas. Aqueles que responderam, não, deixaram claro que ainda existe muita fuligem no ar, mas principalmente nos bairros próximos à Usina.

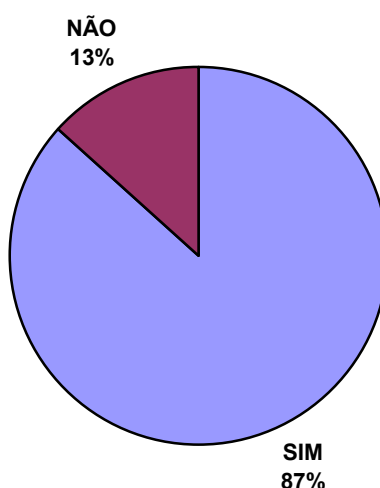
**Gráfico 12. Qualidade de vida no município**



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Todos os indivíduos foram perguntados sobre a qualidade de vida no município. 57% dos entrevistados relataram que não gostam de morar numa cidade rodeada por plantação de cana, dentre estes, muitos reclamaram dizendo que o município não investe em nada. Que os investimentos se fazem no campo agrícola e metalomecânico. Além disso, 2 indivíduos citaram a falta de preocupação com as questões ambientais. Dentre os 43% que responderam que gostam de morar em um município rodeado por plantação de cana, 3 pessoas justificaram sua afirmação relatando que o município não estaria tão desenvolvido se não tivesse tantos investimento na setor agrícola.

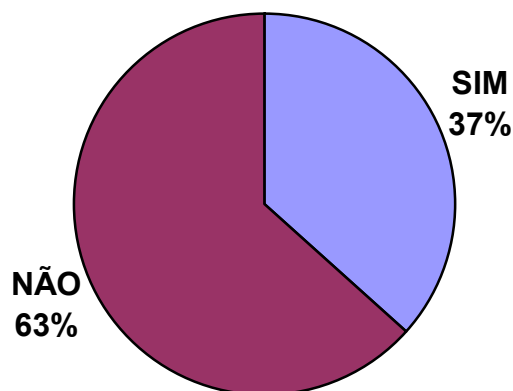
**Gráfico 12. Cultivo da cana de açúcar para o desenvolvimento do município de Piracicaba.**



**Fonte:** Dados da pesquisa.

A 6ª questão tratava de questões ligadas ao desenvolvimento do município. 87% dos indivíduos entrevistados disseram que o cultivo da cana de açúcar é muito benéfico para o município. O restante dos indivíduos, cerca de 13%, disseram que o cultivo da cana não é benéfico para o desenvolvimento do município, porém não justificaram.

**Gráfico 13. Aumento do consumo de água durante o período de queimada.**



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Quando perguntados sobre o aumento do consumo de água durante o período de queimada da cana, 63% dos indivíduos responderam que não houve aumento, pois a maioria destes mora em bairros afastados da área da usina.

Além destas questões, outras também foram elencadas. Quando perguntados sobre as alterações que sentem na saúde devido à presença da fuligem no ar, a maioria respondeu que alteração mais perceptível é no sistema respiratório, dificultando a respiração e aumentando o número de pessoas com bronquite, asma e doenças respiratórias em geral.

Perguntamos também se conheciam pessoas com problemas de saúde devido à fuligem da cana, muitos responderam que sim e que em todas as situações ocorrem problemas respiratórios.

Quando perguntados sobre o conhecimento da legislação que proíbe a queimada da cana, todos responderam que não tem conhecimento sobre.

### Placas Adesivas

As placas (Figura 3) foram confeccionadas com plástico adesivo transparente (papel contact), cortado em tamanho 20x30 cm<sup>2</sup>. Elas foram colocadas com a parte aderente voltada para cima, e fixadas na placa de isopor.

**Figura 3. Placa adesiva**



Em Piracicaba, a exposição das placas ocorreu no final da safra 2014, durante os dias 2 e 9 de outubro de 2014, com duração de 7 dias. Ficou exposto a céu aberto durante todo o período e todos os dias eram utilizadas 2 placas, uma no período diurno e outro noturno. Neste caso, as placas foram trocadas às 8 horas da manhã e às 8 horas da noite.

Os moradores das regiões canavieiras paulistas sabem que durante o período de safra a prática da queimada é comum. Através das placas adesivas é possível distinguir os dias em que a fuligem é mais intensa do que nos outros onde podem se encontrar partículas menores ou quase existentes. A direção e velocidade dos ventos interferem na manifestação da fuligem.

A técnica utilizada para a coleta foi a mesma que ZANCUL (1998) empregou. O uso das placas serve para demonstrar o que ZANCUL (1998) chama de “grau de sujidade”, como se manifesta a fuligem na cidade. Esse tipo de experimento não fornece valores quantitativos, mas uma documentação visual.

Os primeiros resultados deste experimento podem ser observados na cópia destas placas. A partir desta análise visual é possível afirmar que mesmo com a lei proibindo a queimada, ainda existem usinas e outras propriedades que se utilizam deste método para facilitar a colheita da cana. Além disso, as usinas utilizam o

período noturno para realizar as queimadas, pois quase não é possível ver o fogo e a fumaça. Todas as placas noturnas possuem mais fuligem do que as placas diurnas.

Para melhor compreensão dos resultados obtidos no experimento foram escolhidos 3 dias do período de safra para representar a manifestação de fuligem no município. Os dias escolhidos foram 2º, 4º e 7º dia. Estes foram os dias em que mais foram coletadas fuligem, além disso, no 2º e 4º dia houve um grande aumento da quantidade de fuligem no período noturno, como pode se observar a partir das placas a seguir.

2.º DIA - MANHÃ

2.º DIA - NOITE

4º Dia - Manhã

4º Dia - Noite

1º DIA - NOITE

7º DIA - MANHÃ

Este mesmo experimento foi realizado no período entre safra e contribuiu para elucidar que as queimadas ocorrem no período de safra, portanto, as placas não continham fuligem necessária para representação.

O questionário e o experimento foram artifícios utilizados para entender a população e ilustrar um dos problemas ambientais vivenciados no município. Portanto, fica evidente que as questões ligadas ao meio físico devem ser motivo de atenção para os usineiros, a população e ao governo que deve fiscalizar e regulamentar as questões ligadas ao meio ambiente.

A prática da queima é muito antiga, porém hoje, existem outros métodos de facilitar a colheita da cana, métodos estes que podem diminuir os efeitos sobre a saúde da população e do trabalhador.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A demanda por uma nova fonte de energia, que substituísse o uso do petróleo, tornou evidente a produção do etanol brasileiro, por meio da cana de açúcar.

Esta pesquisa buscou entender a modernização da produção de cana de açúcar, o crescimento do setor sucroalcooleiro e os aspectos socioambientais provocados pela produção do etanol. A participação da cana de açúcar no agronegócio brasileiro não chama atenção apenas pelos altos valores numéricos, mas também pelos seus aspectos negativos relacionados a meio ambiente e a sociedade.

Como pode ser observado, a cadeia produtiva do álcool e do açúcar envolve vários processos agrícolas e industriais, que vão desde o cultivo até os produtos finais. Esta cadeia é complexa e diversificada, e mesmo com o aumento das pesquisas tecnológicas nos últimos anos sofremos com a falta de estudos que comprovem e mitiguem os problemas socioambientais. É importante ressaltar, que a preocupação com os impactos socioambientais deve fazer parte de todas as fases do sistema produtivo do álcool, afim de garantir o desenvolvimento sustentável.

Enquanto os defensores do agronegócio brasileiro procuram demonstrar que o setor é sustentável, apresentando uma imagem de desenvolvimento limpo e ambientalmente correto, é possível observar evidências no sistema produtivo que deflagram essa imagem positiva, demonstrando que ainda há muito que fazer quanto a novas políticas de prevenção de impactos negativos.

Os impactos sobre os recursos naturais (ar, água, solo) compreendem a poluição do ar por meio do processo de colheita a base da queima da palha da cana e do uso do etanol como combustível; as emissões de gases causadores do efeito estufa, a expansão da fronteira agrícola, com perda da biodiversidade e a erosão do solo e a contaminação dos corpos d'água e das águas subterrâneas, devido ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Entre os impactos sociais observados são destacadas as condições subumanas de trabalho e a baixa remuneração por este trabalho que configuram uma relação restritiva com a sociedade.

A prática da queima da cana é muito antiga e já foi discutida por muitos pesquisadores, porém como foi comprovado no experimento realizado em Piracicaba, ainda existem muitas usinas que utilizam esta prática. É comum que

ocorra no período noturno, quando a fumaça não pode ser vista pela população. Esta prática gera efeitos na saúde humana, como sérios problemas respiratórios. A medida mais cabível para reduzir a queima da cana é a prática da colheita mecanizada, porém esta escolha implicaria na redução de empregos no setor, que acarretaria em outros problemas relacionados a esta monocultura.

Sem dúvidas, o setor sucroalcooleiro implica em questões de embates com o governo, com os usineiros e fazendeiros e com os trabalhadores e a população. Para controlar estes embates torna-se necessário o planejamento do setor para que as questões ambientais e sociais sejam adequadas e atendidas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALVARENGA, R. P. QUEIROZ, T. R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais, ambientais do setor sucroalcooleiro paulista. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural. Rio Branco – Acre, 2008.

ANDRADE, J. M. F., DINIZ, K. M. Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão. Monografia de Especialização em Gerenciamento Ambiental – ESALQ/USP. Piracicaba, 2007.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em <[http:// www.anp.gov.br/](http://www.anp.gov.br/)>. Acessado em 10/06/2013.

ARBEX, M. A. Avaliação dos efeitos do Material Particulado proveniente da queima da palha de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória da população de Araraquara. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2001.

BACCHI, M. R. P. Brasil gerando energia de biomassa limpa e renovável. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA – ESALQ/USP, Piracicaba, julho de 2006.

BARBOSA, M. A., VAZ, N. P. Uma análise de cenários para a Produção de Etanol no Brasil. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10004666.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2013.

BARROCAS, R. Estudo da queimada da cana de açúcar em Itacemópolis, SP: Espacialidade, percepção e cognição ambientais. Dissertação de mestrado. USP: São Paulo, 2001.

BEN. Balanço Energético Nacional. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acessado em 10/12/2013.

BERMANN, C. Fontes Renováveis de Energia. Simpósio Brasileiro para Gestão de Estratégias de Comercialização de Energia e Eficiência Energética. Rio de Janeiro, 2012.

BERRÍOS, M. R. Degradação ambiental na bacia do Rio Piracicaba (SP). Agricultura e industrialização da cana-de-açúcar. Tese de doutorado. São Paulo, 1993.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acessado em 01/10/2014.

BRAGATO, I. R. et al. Produção de açúcar e álcool vs. responsabilidade social corporativa: as ações desenvolvidas pelas usinas de cana-de-açúcar frente às externalidades negativas. Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 1, p. 89-100, jan.-abr. 2008.

CANASAT. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/canasat/>>. Acessado em 15/12/2014.

CORAZZA, R I. Impactos ambientais da vinhaça: controvérsias científicas e lock-in fertilização? In: XLIV CONGRESSO DA SOBER “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. Fortaleza, 2006.

CTC. Centro de Tecnologia Canavieira. Disponível em <<http://www.ctcanavieira.com.br>>. Acessado em 15/08/2013.

DELGADO, N A S M. Geoprocessamento na análise da vulnerabilidade ambiental desencadeada pela monocultura de cana-de-açúcar na Bacia do distrito Santa Olímpia (Piracicaba/SP). Trabalho de conclusão de curso. Rio Claro, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <<http://www.embrapa.br>>. Acessado em 10/11/2014.

FRACARO, J. Análise histórica do Proálcool e atuais perspectivas do setor alcooleiro no Brasil. Maringá, 2005. 67 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Estadual de Maringá.

FRANCISCO, G A. Biodegradação da vinhaça resíduo da produção de etanol. Rio Claro: [s.n.], 2008.

FRAVET, P R F. et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, maio/jun., 2010.

FURTADO, Celso. O mito do desenvolvimento econômico. Rio de Janeiro, IBGE, 1992.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. *Relatório Etanol Verde 2009*. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

GUARDABASSI, P. M. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: Perspectivas para países em desenvolvimento. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo), 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>.

KRANZ, P, MOURÃO, J. Agenda 21: Vitória do futuro. Vitória: Secretária Municipal de Meio Ambiente; 1997. V: 1.

KOCHI, P T. Estudo da produção de cana-de-açúcar no município de Araras – SP de 1985 a 2010. Rio Claro: UNESP, 2010.

LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima de palha de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Universidade Mackenzie. Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Revista Brasileira de Epidemiologia, 2006.

LOPES, M F. A expansão do setor sucroenergético no estado de São Paulo. Rio Claro: UNESP, 2011.

MALHOTRA, N K. Pesquisa de marketing – Uma orientação aplicada. 6ª edição. 2011 (Bookman).

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acessado em 12/12/2013.

MICHELLON, E et al. Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural. Rio Branco – Acre, 2008.

PIOVESAN, A. TEMPORINI, E R. Pesquisa exploratória para o estudo de fatos humanos no campo da saúde pública. Revista Saúde pública, 19. 1995.

PRADO, C J. História Econômica do Brasil. São Paulo, Brasiliense, 1971.

RAMOS, D A R. Território e indústria: as empresas metalomecânicas em Sertãozinho /Presidente Prudente: [s.n], 2008.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana de açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. Revista Saúde Pública 2008;42(2):370-6.

RIBEIRO, H. FICARELLI, T R A. Queimadas nos Canaviais e Perspectivas dos Cortadores de Cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. Saúde Soc. São Paulo, v.19, n.1, p.48-63, 2010

RIBEIRO, H. PESQUEIRO, C. Queimadas de cana de açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e da saúde respiratória de crianças. estudos avançados 24 (68), 2010.

ROSEIRO, M N V; TAKAYANAGUI, A M M. Meio ambiente e poluição atmosférica: o caso da cana de açúcar. Saúde, Vol. 30 (1-2): 76-83, 2004.

SANTIN, T. A evolução da produção da cana-de-açúcar e do álcool combustível na região sudeste do Brasil de 1975 à 2005. Maringá, 2006. 79 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Estadual de Maringá.

SANTO, Z N E. Etanol: Impactos Sócio-Ambientais de uma Commodity em Ascensão. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Unesp para obtenção do título de Mestre em Economia. Araraquara, 2007.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível em <<http://www.seade.gov.br>>. Acessado em 15/12/2014.

SOUZA, Z M et al. Sistemas de manejo e colheita da palhada da cana de açúcar. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.3, p.271-278, mar. 2005.

SZMRECSÁNYI, T. MOREIRA, E P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira no Brasil desde a segunda guerra mundial. Estudos avançados, 1991.

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. Disponível em <<http://www.udop.com.br>>. Acessado em 15/12/2014.

ÚNICA. União da Indústria de Cana-De-Açúcar. Disponível em <<http://www.unica.com.br/>>. Acessado em 13/11/2014.

VIAN, C.E.F. Agroindústria Canavieira: Estratégias Competitivas e Modernização. Campinas, SP: Ed. Átomo, 2003.

ZANCUL, A. O efeito da queimada de cana de açúcar na qualidade do ar de Araraquara. Dissertação de mestrado em Hidráulica e Saneamento. São Carlos, 1998.

WAACK, R S. NEVES, M F. Competitividade do Sistema Agroindustrial da cana de açúcar. Instituto de pesquisa econômica aplicar, USP. São Paulo: 1998.