



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ANÁLISE DAS PRINCIPAIS ÁREAS E DO COMPORTAMENTO SAZONAL  
DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇUCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO.**

**RELATÓRIO PARCIAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Lilian Caroline Paschoal (UNIVAP, Bolsista PIBIC/CNPq).  
E-mail: [lilian.paschoal@cptec.inpe.br](mailto:lilian.paschoal@cptec.inpe.br)

Dra. Maria Paulete Martins (DSA/CPTEC/INPE, Orientadora).  
E-mail: [paulete@cptec.inpe.br](mailto:paulete@cptec.inpe.br)

**Junho de 2010**



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	01
ÁREA DE ESTUDO .....	04
IMPACTOS DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	04
DETECÇÃO DE MONITORAMENTO DE FOCOS DE QUEIMADAS POR SATÉLITE CPTEC/INPE.....	06
DADOS MODIS ; SATÉLITES TERRA E AQUA.....	07
MONITORAMENTO DA CANA-DE-ACÚCAR/CANASAT.....	08
BANCO DE DADOS FOCOS DE QUEIMADAS.....	10
BANCO DE DADOS AREAS CULTIVADAS CANA-DE-AÇUCAR.....	10
ANÁLISE DOS DADOS.....	11
CONCLUSÃO.....	11
BIBLIOGRAFIA.....	12



## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil iniciou-se no colonialismo no século XVI, primeiramente no Nordeste brasileiro nas cidades de Pernambuco e Bahia, depois para Campos, e de Campos para São Paulo, durante um longo período de três séculos.

Hoje o país é o maior produtor e o maior exportador de açúcar e álcool do mundo. A área de cana cultivada chega a quase oito milhões de hectares, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional, responsável por mais de 60% de toda produção de cana, álcool e açúcar, fato de grande importância para a economia do País, o que tem estimulado a expansão do cultivo.

Diante da necessidade de reduzir a emissão de gases poluentes, o álcool gerado a partir da cana-de-açúcar vem sendo adotado como uma das alternativas menos poluidoras para combustíveis automobilísticos. O fenômeno *flex-fuel* tem repercutido no mercado globalizado de maneira significativa, favorecendo o mercado de exportações brasileiras deste produto.

Desde 2003, as áreas de cultura de cana cresceram em torno de três milhões de hectares, com expectativa de expansão contínua nos próximos anos (NASSAR.et al., 2008).

Entretanto, a fim de facilitar a colheita, a palha da cana-de-açúcar é queimada, contribuindo para uma emissão global de aproximadamente 0,48Tg de carbono por ano.

A grande quantidade de material particulado negro, denominado como “fuligem da cana”, além de modificar as características do ambiente, faz com que a saúde da população que fica exposta por aproximadamente seis meses por ano, geralmente de abril a outubro, seja afetada, causando e ou agravando sérios problemas respiratórios.

Lara et al. (2005) após um ano de medidas e análises, concluíram em seus estudos que a influência da queima da cana-de-açúcar contribui fortemente na estrutura dos aerossóis na região estudada, apresentando cerca de 60% da massa de aerossóis finos (PM<sub>2.5</sub>), 64% da massa do carbono negro e 25%

da massa dos aerossóis grossos ( $2,5 < d < 10$ ). Segundo esses pesquisadores, os aerossóis e o carbono negro liberado nessas queimadas alteram as propriedades higroscópicas dos núcleos de condensação, afetando o albedo das nuvens, e que, apesar do tempo de residência atmosférica do material particulado resultante da queima ser reduzido, sem a ocorrência de deposição úmida, este pode ser espalhado sobre longas distâncias.

Sendo assim, tanto regiões onde se encontram os canaviais como as que se localizam em uma maior distância podem ser afetadas.

A Lei Estadual Nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, regulamenta o fim da prática da queima até 2021 para áreas com declividade menor ou igual a 12% (mecanizáveis) e maior do que 150 ha, e até 2031 para áreas com declividade acima de 12% (não mecanizáveis) e em áreas menores que 150 ha.

Entretanto, diante da relevante importância da atividade sucroalcooleira para a economia e geração de empregos, renda, divisas e tributos, aliadas às medidas de responsabilidade diante das mudanças climáticas globais, e com o fim de evitar o agravamento das condições ambientais desfavoráveis a qualidade de vida, foi assinado um protocolo de cooperação entre o governo e o setor sucroalcooleiro visando consolidar o desenvolvimento sustentável da indústria da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Tal protocolo objetiva, entre outras diretrizes, antecipar os prazos para a extinção da queima da palha da cana-de-açúcar, estipulados em lei. Em contrapartida, aqueles produtores agrícolas e indústrias que atenderem ao protocolo de cooperação obtêm um Certificado de Conformidade Agro-ambiental, que confere a eles algumas vantagens potencialmente importantes nos procedimentos de certificação de seus produtos para exportação.

Este trabalho faz parte de um projeto de implantação de um sistema de Monitoramento Atmosférico para o estudo dos impactos das queimadas de cana-de-açúcar na qualidade do ar e no clima, financiado com recursos da Petrobrás-ANP.

Pretende-se realizar uma análise das principais áreas de queima de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no período de 2003 a 2009 com base nos dados de áreas cultivadas com cana-de-açúcar fornecidos pelo projeto CANASAT/INPE, que desde 2003 vem mapeando áreas cultivadas através de imagens de satélites de sensoriamento remoto. E também com dados e informações adquiridos através da divisão de satélites ambientais do CPTEC/INPE, que realiza o monitoramento de queimadas através de imagens de satélites.

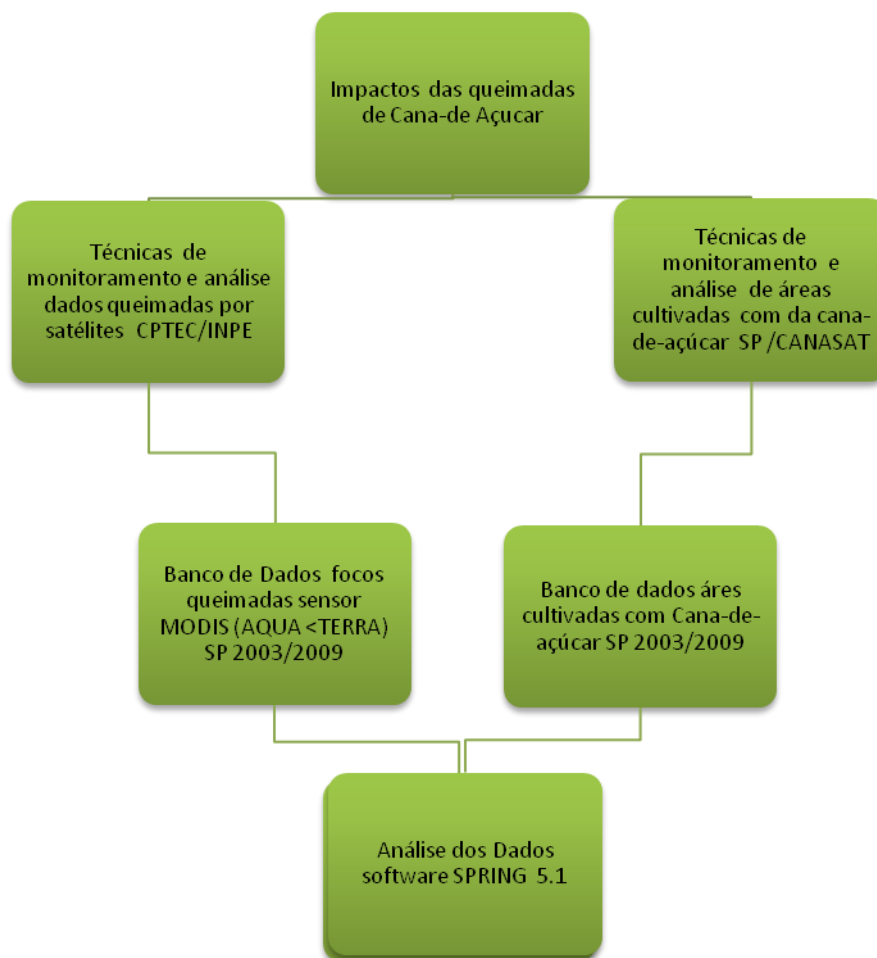


Figura 1. Fluxograma Plano Trabalho

## **2 . ÁREA DE ESTUDO**

O Estado de São Paulo localiza-se aproximadamente entre os paralelos 19° 05' e 25° 00' sul e os meridianos 44° 00' e 53° 05' oeste e está inserido na região sudeste do Brasil, com uma área total de 248.209,426 km<sup>2</sup>. Contendo 645 municípios e uma população estimada, em 2007, em torno de 39.827.570 de pessoas, concentra mais de 20% de toda a população do país (IBGE, 2009). É também responsável por 60% de toda produção de cana, álcool e açúcar.

Foram selecionados para o desenvolvimento deste trabalho os municípios de Morro Agudo, Jaboticabal, Paraguaçu Paulista, Jaú, Piracicaba, Lençóis Paulista, Araraquara, Guairá, Batatais, Pederneiras, Dois Córregos, Jardinópolis, Pitangueiras e Ribeirão Preto, todos localizados na região centro-norte do Estado de São Paulo.

Esses municípios foram escolhidos por apresentarem as maiores áreas cultivadas com cana-de-açúcar nos anos de 2003 e 2004 (CANASAT) e também alto índice de focos de queimadas no mesmo período (CPTEC/INPE).

## **3. IMPACTOS DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

A queima da palha da cana-de-açúcar, a fim de facilitar o processo de colheita, é uma das práticas de manejo mais utilizada em todo o país. A queimada consiste em atear fogo no canavial de forma que aproximadamente 30% da biomassa existente sejam destruídas.

Esta técnica proporciona a segurança dos trabalhadores em relação ao ataque de animais peçonhentos, proporcionando um ritmo mais rápido de trabalho, aumentando assim a produtividade do trabalhador rural durante a colheita, além de reduzir o custo do transporte da cana-de-açúcar do campo até a usina, facilitando também o período inicial de processamento na indústria.

O problema em questão é que este método adotado para facilitar a colheita todos os anos faz com que toneladas de poluentes sejam lançados na



atmosfera, gerando impactos no ambiente e na saúde da população. Segundo Arbex et al., (2004) uma tonelada de cana queimada emite 0,0005 toneladas de óxido de nitrogênio; 0,004 toneladas de material particulado; 0,006 toneladas de hidrocarbonetos; 0,028 toneladas de monóxido de carbono.

A queima de biomassa é estimada como a segunda maior fonte de aerossóis antropogênicos. De acordo com relatórios do IPCC (2007), partículas emitidas durante a queima de biomassa são mais ativas dentre os principais tipos de partículas de aerossol na interação com a radiação solar incidente devido ao seu tamanho médio (menor que 1 micrometro), além de conterem alto índice de componentes absorvedores de luz. Daí o fato de serem identificadas como partículas escuras .

Estudos realizados sobre os efeitos da queima de biomassa em escala global e regional, identificaram que 80 % das queimadas ocorrem nos trópicos, sendo esta região a maior fonte de produção de gases tóxicos, material particulado e gases de efeito estufa, influenciando na química e física da atmosfera e alterando significativamente o pH da água da chuva, afetando o balanço térmico da atmosfera pela interferência na quantidade de radiação solar refletida para o espaço. (Arbex et al., 2004).

O material particulado identificado como fuligem , liberado durante a queima de biomassa , trata-se de um material com alta potencialidade danosa à saúde humana. Ele é constituído em seu maior percentual (94%) por partículas finas (com diâmetro entre 0,1 e 2,5µm) e ultrafinas (diâmetro menor que 0,1µm), ou seja, partículas que conseguem transpor todas as barreiras do sistema respiratório, chegando até os alvéolos (Arbex et al., 2004).

Estas partículas finas e ultrafinas, geralmente são compostas por material carbonáceo, metais, compostos orgânicos e íons sulfato, nitratos e amoníacos. A entrada e deposição dessas partículas no sistema respiratório são as grandes responsáveis pelos problemas de ordem respiratória.

Em um estudo desenvolvido na cidade de Piracicaba (SP) no ano 1997, foi constatado que durante o período de pré-colheita, quando acontece a queima

da palha da cana-de-açúcar ocorre o aumento da poluição atmosférica na região. A média anual de PM10 foi de 56µg metros cúbicos, a mesma da cidade de São Paulo (SP), com variações entre 88µg metros cúbicos, no período da safra, e 29µg cúbicos na entressafra. Vale ressaltar que o limite máximo permitido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente é de 50µm/metro cúbico. O estudo também concluiu que quando há aumento da poluição, há também aumento das interações na seguinte proporção: a cada 10mg a mais de partículas por metro cúbico há aumento de 20% nas interações. (Cançado et al.,2006)

#### **4. DETECÇÃO E MONITORAMENTO DE FOCOS DE QUEIMADAS POR SATÉLITE CPTEC/INPE.**

Para desenvolver uma análise das principais áreas de queima de cana-de-açúcar, foi necessário conhecer as ferramentas, assim como a metodologia utilizada pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do CPTEC/INPE para obtenção desses dados .

Para o monitoramento de queimadas são utilizados as imagens AVHRR dos satélites polares NOAA-12, NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18, as imagens MODIS dos satélites polares NASA TERRA e AQUA, e as imagens dos satélites geoestacionários GOES-10, GOES-12, e MSG-2. Cada satélite de orbita polar produz pelo menos um conjunto de imagens por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 100 imagens por dia especificamente para detectar focos de queima da vegetação.

De acordo com dados emitidos pela equipe de queimadas CPTEC/INPE, existe uma variação na detecção de queimadas entre os satélites.

Trabalhos de validação de campo indicam que satélites de orbita polar como NOAAs, a 800 Km de distancia, e TERRA e AQUA, a 730 Km, podem detectar frente de fogo com cerca de 30 metros de extensão por 1 metro de largura ou maiores. Já para os satélites geoestacionários, posicionados a 25

mil km de distancia , a frente de fogo precisa ter o dobro do tamanho para ser localizada.

Entretanto, como o elemento de resolução espacial (“píxel”) do satélite tem 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de algumas dezenas de m<sup>2</sup> será identificada como tendo pelo menos 1km<sup>2</sup>. Nas imagens dos satélites geoestacionários, onde o píxel tem 4km x 4km, esta pequena queimada passará a ser indicada por uma área de 16km<sup>2</sup> ou mais. Assim, um foco de queima, que aqui é a mesma coisa que um píxel de queima, pode indicar tanto uma pequena queimada, assim como várias pequenas queimadas, ou mesmo uma muito grande no seu interior.

Então este sistema pode detectar a existência de fogo na vegetação mas sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada. Em casos com muitos píxels de queima juntos, e com a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá a dimensão dos pixels de queima detectados .

#### **4.1 DADOS MODIS ; SATÉLITES TERRA E AQUA.**

Os instrumentos dos satélites Terra e Aqua dão suporte aos objetivos do programa de medições sistemáticas da Nasa (Earth Science Enterprise), cujo objetivo é avaliar como o planeta está mudando e quais as conseqüências para a vida na Terra (NASA, 2004).

O satélite Terra, lançado em dezembro de 2000, e o satélite Aqua, lançado em maio/2002, carregam o instrumento MODIS, que é um sistema radiômetro-imageador, o qual fornece cobertura diária em resoluções de 250, 500 e 1000 m em 36 bandas espectrais desde o visível até o infravermelho termal. As primeiras sete bandas destinam se prioritariamente ao sensoriamento remoto da superfície terrestre, com resolução de 250m para as bandas 1 (620-670 nm) e 2 (841-876 nm) e 500 m para as bandas de 3 a 7 (459-479, 545-565, 1230-1250, 1628-1652, 2105-2155 nm, respectivamente) (Running et al., 1994;)

Este sistema proporciona coletas de informações num largo intervalo espectral e faz medições em três resoluções espaciais, varrendo praticamente todo o globo terrestre a cada dia, com um largo campo de visada.

Segundo PIROMAL et al.2008 os dados obtidos a partir do sensor MODIS são mais precisos e adequados ao monitoramento global e regular de superfícies queimadas, uma vez que apresenta melhoria significativa na geometria de aquisição de seus dados e bandas espectrais projetadas para a identificação de fogos ativos com valores de radiância de saturação mais altos.

## **5. MONITORAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR / CANASAT**

De acordo com a página do Projeto CANASAT (<http://www.dsr.inpe.br>) o monitoramento do cultivo da cana-de-açúcar vem sendo realizado desde 2003 no Estado de São Paulo e desde 2005, para os demais estados produtores de cana da região centro-sul. O projeto Canasat utiliza imagens de satélites para identificar e mapear a área cultivada com cana-de-açúcar, gerando a cada ano mapas temáticos com a distribuição espacial da cana. Estes mapas estão disponíveis na Internet no site do Canasat onde os canaviais podem ser visualizados sobre as imagens. Além disso, podem ser feitas consultas sobre a localização dos canaviais, a área cultivada e a evolução do cultivo da cana nos últimos anos tanto por município quanto por estado. Estas informações são utilizadas por diversos setores do agronegócio e do meio ambiente, que direta ou indiretamente estão envolvidos com a produção de cana.

Segundo Aguiar (2009), a resposta espectral característica da cana-de-açúcar em determinadas épocas do ano, a textura homogênea dos talhões e a presença de carregadores facilitam a distinção visual das áreas cultivadas com cana-de-açúcar dos outros usos e ocupação do solo. Dessa forma, para evitar confusão entre a cana-de-açúcar e os outros alvos presentes na cena, o mapeamento das áreas de cultivo na safra corrente é realizado com imagens

que antecedem a colheita (janeiro a março), período em que a cana-de-açúcar encontra-se plenamente desenvolvida, e revisado com imagens do início da colheita (abril e maio).

Para o mapeamento das áreas cultivadas com cana-de-açúcar são adotadas algumas divisões :

1 – Disponível para colheita :

\* Cana Soca : Áreas cultivadas com cana-de-açúcar a partir da segunda colheita, ou seja, a partir da primeira rebrota;

\* Reformada : Áreas de cana-de-açúcar que passaram por reforma dos talhões na safra anterior, ou seja, áreas onde as socas pouco produtivas foram substituídas e estarão disponíveis para colheita na safra corrente;

\* Expansão : Áreas que nas safras anteriores eram destinadas a outros usos do solo e na safra corrente estão sendo cultivadas com cana-de-açúcar e estarão disponíveis para colheita pela primeira vez. Inclui também lavouras de cana-de-açúcar que foram convertidas em outro uso por um período igual ou maior a duas safras e voltaram a ser cultivadas com cana-de-açúcar.

2 - Área de reforma : São áreas que foram cultivadas com cana-de-açúcar na safra anterior, mas nas imagens utilizadas para o mapeamento da safra corrente não são. Apresentam padrões de cultivo de cana-de-açúcar, indicando que foram substituídas por outro uso do solo. Se estas áreas voltarem a ser cultivadas com cana-de-açúcar na safra seguinte, pertencerão à classe *Reformada*.

3- Total de Área cultivada: é toda área ocupada por cana-de-açúcar, ou seja, o somatório da área de cana-de-açúcar disponível para colheita e da área de cana-de-açúcar em reforma.

## **6. BANCO DE DADOS FOCOS DE QUEIMADAS**

Após a análise da metodologia de coleta de dados de queimadas por satélite, foi definida que para o desenvolvimento deste trabalho, os dados de queimadas obtidos através do sensor MODIS seriam melhores, devido a seu sistema radiômetro-imageador, o qual fornece cobertura diária em resoluções de 250, 500 e 1000 m em 36 bandas espectrais, desde o visível até o infravermelho termal.

Para elaboração do Banco de dados foram utilizados arquivos obtidos através do banco de dados da divisão de queimadas do CPTEC/INPE no formato shape, projeção Universal Transverso de Mercator (UTM), DATUM SAD 69 escala 1: 50000 contendo os focos de queimadas para toda região do estado de São Paulo no período de 2003 a 2009.

### **6.2 BANCO DE DADOS AREA CULTIVADAS CANA-DE-AÇUCAR**

Para elaboração do banco foram utilizados dados de toda área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo durante os períodos de 2003 a 2004 , no formato shape , projeção POLICONICA SAD 69 escala 1:50000. Os dados adquiridos para elaboração deste banco e utilizados fazem parte dos dados do projeto Canasat .

## **7. ANÁLISE DOS DADOS**

Para análise dos dados está sendo utilizado o Software Spring 5.1. Ele possui um conjunto de ferramentas usadas para coleta e tratamento de informações espaciais, geração de saídas na forma de mapas, relatórios e arquivos digitais, entre outros.

## **8. CONCLUSÃO**

A queima de biomassa traz grandes problemas tanto ao ambiente quanto à saúde da população. De acordo com a Lei Estadual Nº 11.241 e com o protocolo assinado entre o governo e o setor sucroalcooleiro, a queima deve ser extinta.

Com objetivo de identificar as principais áreas com queima de cana-de-açúcar, todos os dados obtidos de área cultivada, assim como os dados de queimadas, foram colocados em um banco de dados. Através de mapas e tabelas gerados no Software Spring 5.1, este trabalho identificou no período de 2003 a 2009 grande quantidade de focos de queimadas em regiões onde também estão as maiores áreas cultivadas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Também foi observado que dados do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua possuem as melhores condições para o monitoramento de queimada.

## BIBLIOGRAFIA

Aguiar, D. A. **Monitoramento da área colhida de cana-de-açúcar por meio de imagens do sensor MODIS**. 2007. 103 p. (INPE-14803-TDI/1246). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP, 2007.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. **Queima da biomassa e efeitos sobre a saúde**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, 2004. 25

IPCC. **Climate change 2001: The third assessment report to the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge, New York, 2001. 24, 25

IPCC **Climate change 2007: The Fourth assessment report to the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge, New York, 2007. 24, 25, 27

LARA, L. B. L. S.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; KRUSCHE, A.; AYERS, G. P.; FERRAZ, E. S. B.; BALLESTER, M. V. **Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba river basin, southeast Brazil**. **Atmospheric Environment**, v. 35, 2001. 20

MARIANO, G. L. **Efeito das queimadas na atmosfera de São Paulo : Análise de fontes próximas e distantes através do Lidar**. 2010 INPE-13269-MAN/45 – versão 1

PIROMAL, R. A. S.; LOMBARDI, R. J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGIO, A. R.; KRUG, T. **Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia**. vol. 38, 2008: 77 - 84

SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C. **Amazonia biomass burnings in 1987 and an estimate of their tropospheric emissions**. **Ambio**, v. 20, n. 1, 1991. 33.