



**CONHECIMENTO SEMPRE PRESENTE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
CAMPUS DE JATAÍ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
Linha de Pesquisa: Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro**

**Íria Oliveira Franco**

**MODELAGEM ESPACIAL DA EXPANSÃO CANAVIEIRA NO SUDOESTE DE  
GOIÁS.**

**JATAÍ – GOIÁS  
Setembro - 2012**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**       **Dissertação**       **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

Autor (a):	Íria Oliveira Franco		
E-mail:	<a href="mailto:iria_biologa@y-mail.com">iria_biologa@y-mail.com</a>		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Vínculo empregatício do autor	Profa. substituta da UFG, Campus de Jataí		
Agência de fomento:			Sigla:
País:	Brasil	UF:	CNPJ:
		GO	
Título:	Modelagem Espacial da Expansão Canavieira no Sudoeste de Goiás.		
Palavras-chave:	Cerrado, substituições de culturas agrícolas, rendimentos agrícolas, modelagem.		
Título em outra língua:	Spatial Modeling of Sugarcane Expansion in Southwest Goiás.		
Palavras-chave em outra língua:	Cerrado, substitution of crops, farm incomes, modeling.		
Área de concentração:	Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro.		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	28/09/2012		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Geografia pela UFG, Campus de Jataí		
Orientador (a):	Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção		
E-mail:	<a href="mailto:hildeu@yahoo.com.br">hildeu@yahoo.com.br</a>		
Co-orientador (a):*	Prof. Dr. Iraci Scopel		
E-mail:	<a href="mailto:iraciscopel@gmail.com">iraciscopel@gmail.com</a>		

\*Necessita do CPF quando não constar no SisPG → CPF: 015.502.931-25

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Lia Oliveira Franco

Assinatura do (a) autor (a)

Data: 21 / 02 / 2013

**Íria Oliveira Franco**

**MODELAGEM ESPACIAL DA EXPANSÃO CANAVIEIRA NO SUDOESTE DE GOIÁS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPG-GEO - área de concentração: Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro, da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí/CAJ-UFG, sob orientação do Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção e co-orientação do Prof. Dr. Iraci Scopel.

**JATAÍ - GOIÁS**  
**Setembro – 2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)  
BSCAJ/UFG**

F825m Franco, Íria Oliveira.  
Modelagem espacial da expansão canavieira no Sudoeste de Goiás [manuscrito] / Íria Oliveira Franco. - 2012.  
xv, 125 f. : il., figs, grafis, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção; Co-orientador: Iraci Scopel

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, gráficos e tabelas.

Apêndices.

1. Cana-de-açúcar. 2. Cultivos agrícolas - Redimento. 3. Setor sucroalcooleiro- Expansão territorial (Goiás). 4. Uso do solo I. Título.

CDU: 633.61(817.3)

## DEDICATÓRIA

Dedico este singelo trabalho...

...aos meus pais e irmão que  
sempre estiveram presentes  
em minha vida;

aos meus queridos amigos que sempre me incentivaram e  
apoiaram em todos os momentos;

Aos meus mestres, professores  
Hildeu e Iraci Scopel que  
colaboraram para minha evolução  
profissional e espiritual.

## AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste trabalho contei com a colaboração de diversas pessoas, às quais quero expressar meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador e amigo, *Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção*, pela orientação da dissertação, por acreditar e endossar as ideias e discussões aqui inseridas, apoiando-me sem ressalvas nos momentos difíceis desta caminhada.

Ao meu co-orientador e amigo, *Prof. Dr. Iraci Scopel*, pela sua orientação e liberdade para abordar as questões aqui analisadas.

A todos os professores e colegas de curso do Programa de Pós-graduação em Geografia pela amizade adquirida durante os 24 meses de convivência.

Ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia pelo fornecimento dos dados climáticos.

Aos funcionários das usinas de: Santa Helena de Açúcar e Alcool, Sr. Fábio; Serra do Caiapó; Sr. Indiomar e Sr. Dirceu; Centro-Oeste; Sr. Bruno Almeida; Decal; Sr. Enivaldo e Energética Serranópolis; e ainda ao Sr. Osmar, pela disposição e paciência em atender e passar informações preciosas para este trabalho.

Ao Manoel Neto pelo apoio na confecção dos mapas.

Pela inestimável contribuição indireta, quero agradecer aos meus amigos, em especial, Hortência, Marlene, William, Iolanda, Susy, Regina, Alécio, Paula Camylla, Laíze, Valquíria, Tarcísio, pelos agradáveis momentos de descontração e troca de experiências de vida.

Um agradecimento especial, à minha mãe, Maria Luiza, a meu pai, Walter, à meu irmão, Ígor, ao meu pequeno sobrinho, Joaquim, ao meu marido Alexandre e nossa esperada filha, Ana Luiza, pelo convívio familiar que me proporcionou toda a tranquilidade necessária para desenvolver este estudo.

Agradeço ainda a Deus, pela oportunidade da existência na Terra!

## SUMÁRIO

	Página
DEDICATÓRIA .....	IV
AGRADECIMENTOS .....	V
SUMÁRIO .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE GRÁFICOS .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	IX
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
<b>1.</b> INTRODUÇÃO .....	3
<b>2.</b> REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
<b>2.1</b> A CANA-DE-AÇÚCAR: MORFOLOGIA, FENOLOGIA, VARIEDADES E EXIGÊNCIAS PARA O CULTIVO .....	6
<b>2.1.1</b> Morfologia e ciclo fenológico da cana-de-açúcar .....	6
<b>2.1.2</b> Variedades de cana-de-açúcar .....	7
<b>2.1.3</b> Exigências agrometeorológicas da cana-de-açúcar .....	9
<b>2.2</b> A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA .....	10
<b>2.2.1</b> Origem, aspectos ambientais e energéticos da cana-de-açúcar no Brasil ....	10
<b>2.2.2</b> Produção de cana-de-açúcar no Brasil .....	12
<b>2.2.3</b> A agroindústria canavieira brasileira: produção de açúcar e etanol .....	17
<b>2.3</b> A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE GOIÁS E NA MICRORREGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS .....	20
<b>2.3.1</b> A expansão da cana-de-açúcar no Estado de Goiás .....	20
<b>2.3.2</b> A pecuária em Goiás .....	24
<b>2.3.3</b> Impactos da expansão da cultura da cana-de-açúcar no uso do solo no Sudoeste de Goiás .....	27
<b>2.3.4</b> Zoneamento e regulamentação de áreas para produção de cana-de-açúcar no Sudoeste de Goiás .....	31
<b>2.3.4.1</b> Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar .....	31
<b>2.3.4.2</b> Mecanismos legais para controlar a expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste de Goiás .....	34
<b>2.4</b> MODELAGEM NA AGRICULTURA: USO DO MODELO DSSAT/CANEGRO PARA PRODUÇÃO PREDITIVA DE CANA-DE-AÇÚCAR .....	36
<b>2.4.1</b> Modelagem na agricultura .....	36
<b>2.4.2</b> Sistema de Suporte à Decisão e Transferência de Agrotecnologia – DSSAT .....	37
<b>3.</b> MATERIAL E MÉTODO .....	40
<b>3.1</b> Descrição geral da área de estudo .....	40
<b>3.1.1</b> Localização da área .....	40
<b>3.1.2</b> Clima .....	41
<b>3.1.3</b> Vegetação .....	41
<b>3.1.4</b> Solos .....	42
<b>3.2</b> Procedimentos metodológicos .....	43
<b>4.</b> RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
<b>4.1</b> USINAS INSTALADAS E A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR	



	NO SUDOESTE DE GOIÁS .....	48
4.2	FATORES ATRATIVOS A INSTALAÇÃO DE USINAS NO SUDOESTE DE GOIÁS .....	55
4.2.1	Arrendamento .....	55
4.2.2	Fertilidade do solo .....	57
4.2.3	Legislação ambiental sobre queimadas e impactos na conservação da biodiversidade .....	57
4.2.4	Raio da usina .....	60
4.3	CARACTERÍSTICAS DAS USINAS SUCROALCOOLEIRAS PESQUISADAS NO SUDOESTE DE GOIÁS .....	61
4.3.1	Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool S.A - Grupo Naoum .....	61
4.3.2	Usina Serra do Caiapó .....	65
4.3.3	Usina Jataí – Grupo Raízen .....	67
4.3.4	Usina Decal - Destilaria Catanduva Ltda .....	69
4.3.5	Energética Serranópolis .....	71
4.4	CONDICÕES EDÁFICAS DO SUDOESTE DE GOIÁS PARA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR .....	73
4.5	COBERTURA E USO DOS SOLOS PRÉVIO AO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SUDOESTE DE GOIÁS .....	86
4.6	MODELAGEM PREDITIVA DE PRODUÇÃO: SIMULAÇÃO COM O MODELO DSSAT/CANEGRO .....	97
4.6.1	Condições climáticas .....	98
4.6.2	Condições edáficas .....	100
4.6.3	Resultado DSSAT/CANEGRO e cenários de ocupação das terras pelo setor sucroalcooleiro .....	102
5.	CONCLUSÕES .....	106
6.	REFERÊNCIAS .....	108
	<b>Apêndice A.</b> Questionário usinas sucroalcooleiras – Sudoeste de Goiás ....	117
	<b>Apêndice B.</b> Séries temporais – 2001 e 2006 – de coberturas e usos do solo substituídos pela cana-de-açúcar no ano de 2011 entre os municípios do sudoeste de Goiás .....	120
	<b>Apêndice C.</b> Simulação DSSAT/CANEGRO .....	122

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar .....	7
<b>Figura 2.</b> Áreas de expansão da produção de cana-de-açúcar no Brasil .....	15
<b>Figura 3.</b> Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar para o Estado de Goiás .....	33
<b>Figura 4.</b> Audiência pública no Centro Cultural de Jataí realizada no dia 09/nov./2010 .....	35
<b>Figura 5.</b> Diagrama da base de dados, aplicação, e componentes do software e seus usos com modelos de culturas para aplicações no DSSAT ...	37
<b>Figura 6.</b> Representação esquemática do DSSAT/CANEGRO, como módulo inserido no DSSAT .....	38
<b>Figura 7.</b> Localização geográfica da área de estudo .....	41
<b>Figura 8.</b> Localização das usinas sucroalcooleiras e seus respectivos raios de 50 km .....	50
<b>Figura 9.</b> Área cultivada com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás no ano de 2011 .....	54
<b>Figura 10.</b> Entrada da Pousada das Araras em Serranópolis – GO .....	59
<b>Figura 11.</b> Entrada da Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool no município de Santa Helena de Goiás .....	62
<b>Figura 12.</b> Pátio da Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool no município de Santa Helena de Goiás .....	64
<b>Figura 13.</b> Usina Jataí – Raízen no município de Jataí .....	67
<b>Figura 14.</b> Área industrial da Usina Jataí – Raízen no município de Jataí .....	69
<b>Figura 15.</b> Classes de solos identificadas no sudoeste de Goiás .....	75
<b>Figura 16.</b> Canavial cultivado em Neossolo Quartzarênico, anteriormente usado para pastagens na região da “Onça”, município de Jataí .....	77
<b>Figura 17.</b> Canavial cultivado em Latossolo Vermelho, anteriormente cultivado com grãos no município de Jataí .....	80
<b>Figura 18.</b> Sobreposição das áreas de cana-de-açúcar no ano de 2011 com as classes de solos encontradas no sudoeste de Goiás .....	85
<b>Figura 19.</b> Espacialização dos solos nos talhões de canaviais – recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde .....	86
<b>Figura 20.</b> Cobertura e uso do solo em 2001 nas áreas com cana-de-açúcar em 2011, no sudoeste de Goiás .....	93
<b>Figura 21.</b> Cobertura e uso do solo em 2006 nas áreas com cana-de-açúcar em 2011, no sudoeste de Goiás .....	94
<b>Figura 22.</b> Áreas cultivadas com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás no ano de 2011 .....	95
<b>Figura 23.</b> Análise temporal da cobertura e uso do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011 - recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde .....	96
<b>Figura 24.</b> Classes de solos identificadas em um raio de 50 km das usinas sucroalcooleiras no sudoeste de Goiás .....	100

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
<b>Gráfico 1.</b> Produção brasileira de açúcar e etanol das safras 1990/1991 a 2010/2011 .....	18
<b>Gráfico 2.</b> Evolução da produção brasileira de cana-de-açúcar na safra de 1990/1991 a 2010/2011 .....	19
<b>Gráfico 3.</b> Produtividade de açúcar e etanol no Brasil entre os períodos de 2000 a 2010 .....	19
<b>Gráfico 4.</b> Área plantada com cana-de-açúcar em Goiás entre os anos de 2000 e 2010 .....	22
<b>Gráfico 5.</b> Variação do número de rebanho bovino do Brasil, Centro-Oeste e Goiás de 2005 a 2010 .....	27

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Produção, área plantada e produtividade da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, Índia e China nos anos de 1990, 2000 e 2008 ....	13
<b>Tabela 2.</b> Produção de cana-de-açúcar entre os principais Estados produtores na safra 2000/2001 a 2009/2010 .....	14
<b>Tabela 3.</b> Projetos de usinas e destilarias do Estado de Goiás em funcionamento e previstas para serem instaladas. Situação: agosto/2011 .....	22
<b>Tabela 4.</b> Área plantada (vezes mil ha) das culturas selecionadas no sudoeste de Goiás - médias trienais 1990 a 2010 .....	28
<b>Tabela 5.</b> Participação estadual da microrregião sudoeste de Goiás na produção e área plantada dos principais produtos agrícolas nos anos de 2005 a 2010 .....	30
<b>Tabela 6.</b> Localização das usinas sucroalcooleiras do sudoeste de Goiás .....	49
<b>Tabela 7.</b> Área cultivada (ha) nos municípios produtores de cana-de-açúcar do sudoeste de Goiás nos anos-safras de 2005/2006 a 2011/2012 .	51
<b>Tabela 8.</b> Relação expansão/renovação de canaviais entre os municípios produtores de cana do sudoeste de Goiás entre os anos-safras 2005/2006 e 2011/2012 .....	52
<b>Tabela 9.</b> Áreas de Cerrado no ano de 2006 convertidas em canaviais no ano de 2011 nos municípios do sudoeste de Goiás .....	60
<b>Tabela 10.</b> Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool: área total, área própria, área arrendada e participação das áreas (%) na área total .....	63
<b>Tabela 11.</b> Valores de produção de produtos e subprodutos da Usina Jataí – Raízen .....	68

<b>Tabela 12.</b>	Produtividade de cana-de-açúcar e de etanol da Usina Decal no período de 2008 a 2011 .....	70
<b>Tabela 13.</b>	Principais variedades plantadas pela usina Energética Serranópolis .....	71
<b>Tabela 14.</b>	Área arrendada, de fornecedor e própria da usina Energética Serranópolis entre os anos-safras de 2006/2007 e 2010/2011 .....	72
<b>Tabela 15.</b>	Produção de cana-de-açúcar, etanol anidro e hidratado da Energética Serranópolis entre os anos-safras de 2006/2007 e 2010/2011 .....	73
<b>Tabela 16.</b>	Classes de solos identificadas no sudoeste de Goiás, com suas respectivas extensões no território (conforme classificação de solos da EMBRAPA, 2006) .....	76
<b>Tabela 17.</b>	Classes de solos encontradas em áreas (hectares – ha e porcentagem %) de canaviais entre os municípios que plantam cana no sudoeste de Goiás no ano de 2011 .....	83
<b>Tabela 18.</b>	Ambientes de produção de cana-de-açúcar de acordo com os atributos dos solos para a região Centro-Sul do Brasil .....	101
<b>Tabela 19.</b>	Produtividade esperada para as classes de solos simuladas .....	103
<b>Tabela 20.</b>	Produção de sacarose obtida e esperada da variedade RB867515 nas Usinas Decal e Energética Serranópolis no ano-safra 2008/2009 .....	103

## RESUMO

A cana-de-açúcar, como produção industrial, foi introduzida no sudoeste de Goiás em 1946 com a implantação da usina Santa Helena; posteriormente, na década de 1980 foi implantada a usina Goálcool no município de Serranópolis, decorrente do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), ampliando o uso do etanol nos veículos. Devido à recente demanda de etanol como combustível e outros associados à conjuntura internacional favorável, o setor sucroalcooleiro encontra-se em expansão. Desde o ano de 2007, no sudoeste de Goiás, o número de novas usinas sucroalcooleiras vem aumentando rapidamente, o que preocupa a comunidade científica pelos possíveis impactos que possam ocorrer. Partindo-se do pressuposto, estabelecido pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, de que a expansão da cana no sudoeste de Goiás ocorre sobre os solos arenosos, ocupados por antigas pastagens degradadas ou em processo de degradação, este trabalho tem por objetivos: Identificar e localizar as usinas sucroalcooleiras implantadas no sudoeste de Goiás; Verificar as classes de solos ocupadas com cana-de-açúcar na região, com base em imagens de satélite; Simular a produtividade da cana-de-açúcar nas principais classes de solos do sudoeste de Goiás; Comparar as produtividades da cana-de-açúcar esperadas e observadas nas usinas analisadas, em suas respectivas classes de solos; Inferir sobre a expansão canavieira no sudoeste de Goiás, de acordo com as classes de solos e as produtividades obtidas pelas usinas, construindo um cenário de possíveis usos e ocupações das terras por este setor. Como resultado, verificou-se que dos dezoito municípios do sudoeste, até o ano de 2011, onze deles possuíam instalações industriais processadoras de cana-de-açúcar. O mapeamento no sudoeste de Goiás das áreas de cana-de-açúcar de 2011 revelou que a área cultivada com cana é de 263.549 ha, o que corresponde a 36% da área cultivada com cana no Estado. Quanto às classes de solos, a mais representativa nas áreas cultivadas com cana no ano de 2011 no sudoeste de Goiás são os Latossolos com 206.993,94 ha, destes, 73,9% são Latossolos Vermelhos distroférricos e 26% são Latossolos Vermelhos aluminoférricos. A classe dos Neossolos Quartzarênicos órticos apresenta uma área cultivada com cana de 29.900 ha, o que corresponde a 11,34% das áreas de cana do sudoeste de Goiás no ano de 2011, conforme classificação de solos da Embrapa (2006). Das áreas ocupadas com cana-de-açúcar em 2011, 55% ocorreram sobre áreas onde, em 2006, havia agricultura, 28% pastagem e 17% cerrado. As simulações no modelo DSSAT/CANEGRO confirmaram a preferência das usinas em cultivar a cana nos solos mais férteis, já que as produtividades da cana tanto as obtidas pelas usinas quanto as esperadas nas simulações, indicam que os Latossolos são mais produtivos do que os Neossolos Quartzarênicos. Por exemplo, a usina Decal, com seus canaviais cultivados em Latossolos, apresentou uma produtividade de 3.103 kg de sacarose por hectare a mais do que a usina Energética Serranópolis, onde a classe predominante de solos cultivados com cana é o Neossolo Quartzarênico. Nas simulações os resultados do modelo DSSAT/CANEGRO indicam que os Neossolos Quartzarênicos produzem cerca de 1.200 kg/ha de sacarose a menos do que a encontrada no Latossolo Vermelho-Amarelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, substituições de culturas agrícolas, rendimentos agrícolas, modelagem.

## ABSTRACT

A cane sugar such as industrial production, was introduced in the southwest of Goiás in 1946 with the implementation of the plant Santa Helena; later, in the 1980s the plant was located in the municipality of Goálcool Serranópolis, due to the National Alcohol Program (PROÁLCOOL), expanding the use of ethanol in vehicles. Due to the recent demand for ethanol as a fuel and others associated with the favorable international situation, the alcohol sector is expanding. Since the year 2007, in the southwest of Goiás, the number of new sugarcane mills is increasing rapidly, which worries the scientific community for the possible impacts that may occur. Starting from the premise established by Agro-Ecological Zoning of Sugarcane sugar, that the expansion of sugarcane in southwest Goiás occurs on sandy soils occupied by ancient or degraded pasture degradation, this study aims to: Identify and locate the sugarcane mills deployed in southwest Goiás; Check soil classes occupied with cane sugar in the region, based on satellite images; Simulate the productivity of cane sugar in the main soil classes in the southwest Goiás; compare the productivity of cane sugar expected and observed in the plants analyzed in their respective classes of soils; Infer on sugarcane expansion in southwest Goiás, according to the classes of soils and the yield obtained by the plants, constructing a scenario of possible use and occupation of land by this sector. As a result, it was found that the eighteen municipalities in the southwest, to the year 2011, eleven of them had industrial processing of sugar cane. The mapping in southwest Goiás areas of sugar cane, 2011 revealed that the area cultivated with sugarcane is 263.549 ha, which corresponds to 36% of the area cultivated with sugarcane in the State. As for the soil classes, the greatest expression of areas cultivated with sugarcane are the Latosols and of these, 73,9% are of Red Latosols dystroferic and 26% are Red Latosols aluminoférricos. The class of Orthic Quartzarenic Neosols feature a cane acreage with 29.900 ha, which corresponds to 11,34% of the sugarcane areas of southwest Goiás in 2011, soil classification according to Embrapa (2006). Occupied areas with cane sugar in 2011, 55% occurred on areas where, in 2006, agriculture was 28% and 17% grassland savannah. The simulation model in DSSAT/CANEGRO confirmed the preference of plants to cultivate sugarcane in more fertile soils, since the yield of sugarcane by the mills both obtained as those expected in the simulations indicate that the Latosols are more productive than Quartzarenic Neosols. For example, the plant Decal, with its sugarcane grown on Latosols, showed a productivity of 3.103 kg of sucrose per hectare to more than Serranópolis Energy plant, where the predominant class of soils cultivated with sugarcane is Quartzarenic Neosols. In the simulations the model results DSSAT/CANEGRO indicate that Quartzarenic Neosols produce about 1.200 kg/ha of sucrose less than that found in the Red Yellow Latosol.

**KEYWORDS:** Cerrado, substitution of crops, farm incomes, modeling.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, como produção industrial, foi introduzida no sudoeste de Goiás em 1946 com a implantação da usina Santa Helena; posteriormente na década de 1980 foi implantada a usina Goálcool no município de Serranópolis decorrente do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL, Decreto nº 76.593 de 14/11/1975), na busca pela autonomia energética, ampliou o uso do etanol nos veículos, em consequência das crises internacionais do petróleo ocorridas em 1973 e 1979. Na década de 1990, com a queda dos preços internacionais do petróleo, o etanol começou a perder competitividade frente à gasolina, culminando-se no declínio do programa e à crise de desabastecimento de etanol em 1989/1990.

O consumo mundial de energia apresenta um considerável aumento no início do século XXI e a projeção indica a manutenção de taxas elevadas de crescimento da demanda de energia. O setor energético é um dos maiores responsáveis pelas alterações climáticas por ser um dos grandes emissores de gases do efeito estufa causadores do aquecimento global.

Devido à sua amplitude, as alterações climáticas são o impacto ambiental que merece maior atenção e por isso foi criada uma resposta institucional específica. As negociações internacionais resultaram na elaboração do Protocolo de Kyoto, pelo qual os países desenvolvidos assumiram o compromisso de redução de 5,2% - de 2008 até 2012 - de suas emissões de gases do efeito estufa em relação a 1990.

O Protocolo de Kyoto criou mecanismos de mercado que auxiliam os países com compromissos de redução a cumprirem suas metas com o menor custo possível, por exemplo, a utilização dos mecanismos de flexibilização no cumprimento das metas de redução é extremamente favorável a promoção de fontes renováveis de energia menos poluente as quais tornaram-se competitivas com as fontes fósseis de energia.

O Brasil possui uma situação energética bastante privilegiada quando comparada a outros países, tanto em termos de disponibilidade de recursos como pelo caráter “limpo” de sua matriz energética. Esta elevada participação de fontes renováveis de energia na matriz brasileira se deve a, utilização em larga escala, da hidroeletricidade e da biomassa como combustível, principalmente após a revolução dos veículos bicomcombustíveis, os chamados “flex fuel” que a partir de 2003 acentuou o aumento da frota de veículos movidos a etanol hidratado e do anidro adicionado à gasolina.

Diante deste cenário, as terras do Cerrado tornaram-se alvo da expansão da cana-de-açúcar devido a fatores edafoclimáticos, topográficos, logísticos, políticos e econômicos os quais favoreceram a atração de empresas e agroindústrias do setor sucroalcooleiro para a região sudoeste de Goiás.

Mediante a estes estímulos, desde o ano de 2007, no estado de Goiás, o número de novas usinas sucroalcooleiras vem aumentando rapidamente, o que preocupa a comunidade científica pelos possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais decorrentes da concentração de atividades características deste setor, exigidas antes, durante e após os processos de produção.

Das atividades referidas, as mais importantes, no momento da instalação de uma usina são a disponibilidade e impacto do uso das terras; na fase de operação, a demanda de mão-de-obra mal remunerada, queima na colheita, geração de resíduos e evasão de divisas. Portanto, para a instalação e operação de uma usina sucroalcooleira, as atividades requeridas nem sempre são favoráveis quanto às questões de caráter ambiental, econômico e social de uma região.

Sabendo-se que as atividades econômicas da região sudoeste de Goiás se concentram no setor agropecuário, com uma consolidada produção de carne e grãos, surge a preocupação quanto à expansão do setor sucroalcooleiro, com a necessidade de imobilização de grandes quantidades de terras para garantir o processo industrial, o que esta provocando uma disputa por terras com o setor de carne/grãos.

Historicamente, a produção pecuária do sudoeste de Goiás se baseia na criação extensiva, ocupando os solos de textura franca a arenosa, bem como as terras de encostas e de baixadas. Em tal atividade, o uso intensivo e duradouro das terras com pastagens, sem reposição de nutrientes, torna-as degradadas com baixa produtividade anual, requerendo sistemas de manejo mais modernos com investimentos em tecnologia de recuperação da fertilidade do solo tornando-o mais produtivo. No entanto, o agropecuarista tradicional, alheio a estas exigências tecnológicas, não beneficia suas terras, mantendo-as com baixo padrão produtivo.

Preocupado com a baixa produtividade das terras degradadas e com a substituição das terras produtoras de grãos pela expansão da cana-de-açúcar, o governo, através do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (Decreto nº 6.961 de 17/09/2009), vem estimulando a ocupação daquelas terras pelo setor canavieiro.

O Zoneamento Agroecológico é o resultado de uma análise espacial ponderada que leva em consideração além de outros fatores, o tipo de solo, a topografia, o clima e



os impedimentos naturais, procurando identificar as regiões apropriadas para o cultivo de determinadas culturas, agrupando-as de acordo com as suas aptidões e restrições de uso. Esta análise requer ferramentas específicas de simulação da produtividade esperada para uma determinada cultura em dado tipo de solo e de clima.

Partindo-se do pressuposto de que a expansão da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás vem ocorrendo sobre os solos arenosos ocupados por antigas pastagens degradadas ou em processo de degradação, este trabalho tem os seguintes objetivos:

- Identificar e localizar as usinas sucroalcooleiras instaladas no sudoeste de Goiás;
- Verificar as classes de solos ocupadas com cana-de-açúcar com base em levantamento de solos e as coberturas e usos - agricultura, pastagem, cerrado natural e regenerado - substituídas por esta cultura, na área de estudo, através de mapas de cobertura e uso do solo de 2001 e 2006 e imagens orbitais de 2011;
- Simular a produtividade da cana-de-açúcar nas principais classes de solos e em dados de levantamentos climáticos do sudoeste de Goiás;
- Comparar as produtividades da cana-de-açúcar obtidas e as esperadas para duas usinas analisadas – Usina Decal e Energética Serranópolis;
- Inferir, com base nos dados levantados, sobre a expansão canavieira no sudoeste de Goiás e respectivas classes de solos e produtividades obtidas nas usinas, projetando um possível cenário de ocupação das terras por este setor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A CANA-DE-AÇÚCAR: MORFOLOGIA, FENOLOGIA, VARIEDADES E EXIGÊNCIAS PARA O CULTIVO**

#### **2.1.1 MORFOLOGIA E CICLO FENOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

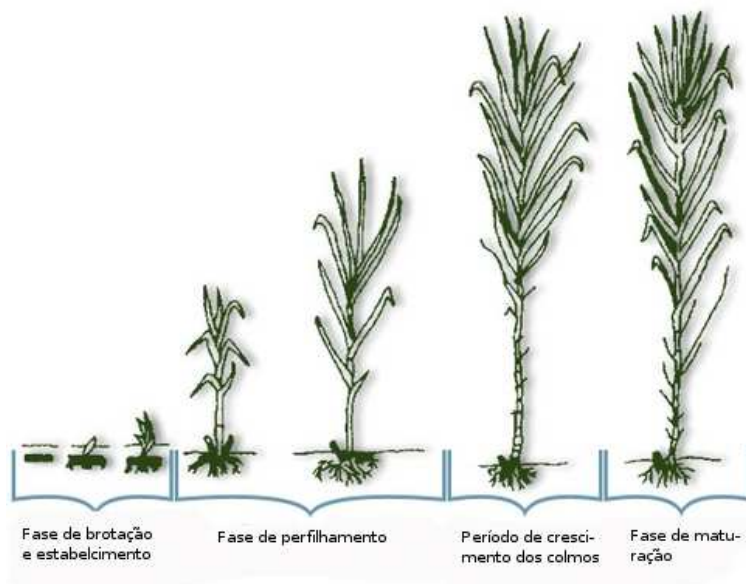
A cana-de-açúcar é uma gramínea tropical semi-perene, que se desenvolve em forma de touceira com perfilhos em sua base com mais de 2 m de altura e diâmetro com cerca de 5 cm (JAMES, 2004). A parte aérea é formada por colmos, folhas, inflorescência e frutos, e a subterrânea por raízes e rizomas que são formados por nós, entrenós e gemas, as quais são responsáveis pela formação dos perfilhos da touceira (MOZAMBANI et al., 2006).

A cana-de-açúcar é uma planta que perfilha a partir do colmo primário e comporta-se como uma planta independente e autônoma. Os perfilhos têm raízes, colmos e folhas próprias, havendo, porém troca de nutrientes entre os perfilhos da mesma touceira (RIPOLI et al., 2006). O sistema de perfilhamento é simples, descrito como perfilhos primários, secundários, terciários, e assim por diante (JAMES, 2004; RIPOLI et al., 2006).

A duração do ciclo fenológico da cana-de-açúcar é bastante variável, sendo de 9 meses até dois anos no Hawaí, embora o período, geralmente, varie entre 15 a 16 meses no Brasil, Cuba, África do Sul e Austrália, quando se trata de cana planta - 1º ano de plantio. O cultivo procedente da cana planta pode proporcionar de 2 a 4 cortes (cana soca), e em alguns casos atingir até 8 cortes (DOORENBOS; KASSAM, 1994). A cana-de-açúcar perfilha abundantemente na fase inicial do desenvolvimento, mas depois de estabelecida, o auto sombreamento induz a inibição do perfilhamento e provoca a aceleração do crescimento do colmo principal, até a ocorrência de alguma limitação quanto à disponibilidade de água, baixas temperaturas ou devido ao florescimento (DOORENBOS, KASSAM, 1994; RODRIGUES, 1995).

Segundo Gascho & Shih (1983), a cana-de-açúcar apresenta quatro diferentes subperíodos ou estágios em sua fenologia: 1º estágio: brotação e emergência dos brotos, (colmos primários), duração de 30 a 60 dias; 2º estágio: perfilhamento e

estabelecimento da cultura (da emergência dos brotos ao final do perfilhamento), duração de 60 a 90 dias; 3º estágio: período do grande crescimento (do perfilhamento final ao início da acumulação da sacarose), duração de 180 a 210 dias; 4º estágio: maturação (intensa acumulação de sacarose nos colmos), duração de 60 a 90 dias (Figura 1).



**Figura 1.** Fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar.  
**Fonte:** Gascho & Shih (1983) apud Marin et al. (2008).

### 2.1.2 VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

O manejo varietal é uma estratégia que procura explorar os ganhos gerados da interação genótipo versus ambiente, ou seja, tem como objetivo alocar diferentes cultivares comerciais no ambiente de produção que proporcione, em termos relativos, o melhor desempenho agrícola. Portanto, as variedades comerciais de cana determinam o número de colmos por planta, à altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas, a arquitetura da parte aérea da planta e o teor de sacarose, sendo influenciado pelas condições climáticas, manejo da cultura e práticas culturais utilizadas (RODRIGUES, 1995).

No Brasil, existem vários programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar. Os principais são a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor

Sucroalcooleiro (RIDESA), que desenvolve as variedades com sigla RB (Ridesa Brasil); o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que herdou da Coopersucar as variedades SP e, atualmente, desenvolve as variedades CTC; o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que desenvolve variedades IAC; e o mais recente deles, a CANAVIALIS, desenvolvendo as variedades CV (SEGATO et al., 2006).

A liderança do mercado nacional é ocupada pela RIDESA e pelo CTC. No ano de 2012 a RIDESA forneceu cultivares para 58,9% da área plantada no Brasil. O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) forneceu cultivares para 35,8% da área plantada no país. As variedades mais cultivadas são RB867515, SP813250, RB92579, RB855453, SP791011, juntas somam mais de 50% de toda a área cultivada no Brasil. Em Goiás, as variedades da RIDESA ocupam 48,8% de toda a área cultivada por cana e a CTC ocupa 44,6%. As variedades RB867515, SP813250 e SP801816 ocupam 52,8% de toda área de cultivo do Estado (RIDESA, 2012).

Os cultivares vem sendo desenvolvidos através de cruzamento entre variedades disponíveis no mercado e posterior acompanhamento de desempenho relacionado à produtividade, maturação, velocidade de crescimento, concentração de ATR-Açúcar Total Recuperável -, volume de palha, perfilhamento, resistência a pragas e doenças. O melhoramento genético da cana-de-açúcar é realizado a partir do estabelecimento de ambientes produtivos encontrados principalmente no estado de São Paulo, no caso do CTC, e nos ambientes de produção do Nordeste e de São Paulo, no caso da RIDESA.

Em Goiás, as variedades utilizadas comercialmente são importadas de programas de melhoramento desenvolvidos para outros Estados, em especial, São Paulo e Minas Gerais. No entanto, os resultados de produtividade no estado de Goiás não ficam atrás dos obtidos no Centro-Sul. Na safra 2011/2012 Goiás obteve produtividade média de 71 t.ha<sup>-1</sup>, frente a 69 t.ha<sup>-1</sup> obtidas na média do Centro-Sul (CONAB, 2012). Tal condição demonstra que mesmo usando variedades de cana desenvolvidas para outros ambientes produtivos, Goiás mantém as condições de competitividade frente aos centros produtivos de cana do Estado de São Paulo, isso devido às vantagens ambientais como clima e solo altamente favoráveis ao cultivo.

### 2.1.3 EXIGÊNCIAS AGROMETEOROLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

O clima adequado para a produção da cana-de-açúcar é o tropical, com duas estações distintas: uma quente e úmida que proporciona a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo; seguida de outra fria e seca, que promove a maturação e consequente acúmulo de sacarose.

A cana é exigente quanto à precipitação, precisando de 1.500 mm de chuva anuais (REICHARDT, 1996); apresenta elevado consumo de água, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta (DILLEWIJN, 1952). As condições climáticas não influenciam exclusivamente o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar, mas também determina amplamente a produtividade da cultura.

Para a produção de 1 t de cana-de-açúcar, no plantio de “cana de ano”, a demanda de evapotranspiração é de 10 a 12 mm de água. Sendo assim, para a produção de 100 t de cana são necessários no mínimo de 1.000 a 1.200 mm de precipitação, descontadas as perdas de água no sistema (DEMATTE, 2004; MACEDO, 2005).

A temperatura é um dos fatores mais importantes na produção da cana-de-açúcar (MARIN et al., 2009). A planta suporta temperaturas elevadas de 34 a 35°C. Porém, valores constantes e acima de 38 a 40°C podem afetar seu desenvolvimento pelo efeito inibidor das atividades fisiológicas, como a abertura de estômatos e troca de CO<sub>2</sub> com a atmosfera. A temperatura basal, ou seja, mínima para o efetivo crescimento da cana fica em torno de 20°C. A temperatura ótima situa-se entre 22 e 30°C, onde a cultura apresenta seu máximo crescimento (DOOREMBOS e KASSAN, 1979).

O acúmulo máximo de sacarose só ocorre quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento, chegando ao estágio de maturação, onde temperaturas mais baixas auxiliam no processo de concentração de sacarose do colmo, podendo substituir a deficiência hídrica como fator determinante do início do processo (MARIN et al., 2009). Para aumentar o teor de sacarose, a cana-de-açúcar necessita de uma época mais fria ou mais seca, sendo que quando não ocorre à deficiência hídrica, a temperatura média deve ser inferior a 21°C pelo período de três meses para a ocorrência de repouso vegetativo e maturação. A queda na temperatura não é relatada como fator que influencia a maturação, mas é observado que a amplitude térmica pode favorecer a mesma (SCARPARI, 2002).

## 2.2 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA

### 2.2.1 ORIGEM, ASPECTOS AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é originária do sudeste Asiático, na região de Nova Guiné e Indonésia (JAMES, 2004; MOZAMBANI et al., 2006). O açúcar, produto da cana-de-açúcar, teve como início da produção a China, onde foram encontrados registros com mais de 8.000 anos, atingindo posteriormente a Europa, a África e as Américas, incluindo o Brasil (JAMES, 2004).

Introduzida no Brasil, em 1532, pelo português Martim Afonso de Sousa, a cana-de-açúcar passou a ter significativa importância para o país, notadamente para a produção de açúcar. A primeira espécie introduzida no Brasil foi a *Saccharum officinarum* L., que foi trazida da ilha da madeira (LIMA, 1984).

Por ser uma das principais culturas da qual se pode extrair o etanol, a cana-de-açúcar ganhou importância em decorrência de fatores como o aquecimento global e a alta nos preços do petróleo. Este último estimulou, a partir de 1976, o aumento da área plantada com a criação do Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL (Decreto nº 76.593 de 14/11/1975), do governo federal, na busca pela autonomia energética. Porém, na década de 1990, com a queda dos preços internacionais do petróleo, o etanol começou a perder competitividade frente à gasolina, culminando no enfraquecimento do programa (WAACK et al., 1998).

Mais de 35 anos após a criação do PROÁLCOOL, a cana-de-açúcar vive um dos momentos mais promissores ao longo de sua trajetória econômica. Aliada à busca por energias renováveis, oscilações e interdependência dos preços do petróleo, adequações às exigências do Protocolo de Kyoto, o etanol, que foi visto como uma alternativa energética está vivendo um período de expansão.

Países desenvolvidos estão incentivando o consumo dos biocombustíveis, principalmente o etanol. A União Européia (EU) determinou a seus países membros, no ano de 2010, a obrigatoriedade da mistura de 5,75% de etanol e pelo menos 10% em todos os combustíveis veiculares até 2020. Porém, menos da metade dessa meta para

2010 foi alcançada e a EU terá que aumentar sua produção ou, então, importar (MDIC, 2008; PONTI e GUTIERREZ, 2009). Nos EUA, o Energy Policy Act (EPA) em 2005 estabeleceu a meta de 7,5 bilhões de galões para o consumo nacional de biocombustíveis - mais comumente o etanol - até 2012. Outros países, como Austrália, Canadá, China, Coreia, Índia, Indonésia e Japão, também possuem propostas de adição de etanol à gasolina (JANK, 2007; NEVES E CONEJERO, 2007; UNICA, 2010).

O setor energético é um dos maiores responsáveis pelas alterações climáticas por ser um dos grandes emissores de gases de efeito estufa e, devido ao uso de recursos fósseis a uma amplitude global, as alterações climáticas estão entre os impactos ambientais que merece maior atenção e, por isso, foi criada uma resposta institucional específica com o intuito de mitigar o aquecimento global. As negociações internacionais resultaram na elaboração, em 1997 do Protocolo de Kyoto, e em 2005 entrou em vigor, pelo qual os países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento assumiram o compromisso de redução de emissões de gases do efeito estufa em 5,2% em relação ao ano de 1990 no período de 2008 a 2012 (COSTA, 2004).

O Protocolo de Kyoto, através de seus mecanismos é extremamente favorável à promoção de fontes renováveis de energia. Neste sentido, o Brasil apresenta uma situação energética bastante privilegiada quando comparada ao resto do mundo, tanto em termos de abundância de recursos como pelo caráter “limpo” de sua matriz energética que apresenta o expressivo percentual de 45% de fontes renováveis de energia enquanto que a média mundial é de apenas 13% (MME, 2007).

Essa elevada participação de fontes renováveis de energia na matriz brasileira se deve à utilização, em larga escala, da hidroeletricidade e da biomassa a qual, boa parte, está representada pelos produtos originados da cana-de-açúcar - etanol e cogeração de energia através da queima do bagaço e da palha. O etanol como combustível passou a ser consumido a partir de meados da década de 1970 com o PROÁLCOOL e intensificado a partir de 2003 com a tecnologia dos veículos bicombustíveis.

Goldemberg (2008) afirma que o programa de etanol no Brasil tem substituído aproximadamente 1,5% de toda a gasolina usada no mundo e, se a taxa atual de crescimento de produção de etanol no Brasil continuar e se outros países produtores de cana-de-açúcar - Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Colômbia e África do Sul - seguirem o modelo adotado pelo Brasil, é possível que até 10% de toda a gasolina usada no mundo possa ser substituída nos próximos 15 a 20 anos.

Devido, principalmente, a esses fatores, a produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2011/2012 foi de aproximadamente 572 milhões de t, aumento de mais de 37% em comparação à safra de 2005/2006. Em 2011, o país possuía 8,36 milhões de ha em área plantada com cana, um acréscimo de 2,5 milhões de ha em relação ao ano de 2005. Do total de colmos industrializados na safra 2011/2012, 49,6% foram destinados à produção de açúcar e 50,4%, destinados à fabricação de etanol (CONAB, 2012). Para efeitos de comparação, no mesmo período, foram comercializados mais de 2,8 milhões de veículos movidos a etanol ou biocombustíveis, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2012), demonstrando a importância da cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

Portanto, o etanol, reconhecido como combustível renovável, apresenta um grande potencial para o setor sucroalcooleiro do Brasil, atraindo investimentos internos e externos, sendo considerado como exemplo de programa de energia renovável entre os países emergentes (GOLDEMBERG, 2007). A ampliação destes investimentos exige um planejamento estratégico da expansão da cultura da cana-de-açúcar no país, baseada em programas governamentais como o zoneamento agroecológico, o qual tem o objetivo de identificar terras apropriadas para a expansão do cultivo de cana-de-açúcar com base na vulnerabilidade das terras, risco climático, potencial de produção agrícola e legislação ambiental vigente.

Ainda que o incremento da produção sucroalcooleira traga impactos positivos sobre a economia, vários impactos negativos também podem ser considerados. No âmbito ambiental, estes incluem a prática de queimadas na época da colheita, os efeitos negativos da monocultura e a demanda por novas áreas. Da mesma forma, a expansão das plantações de cana-de-açúcar sobre áreas ocupadas por outras culturas, ou mesmo sobre áreas ainda intactas, certamente terá reflexos socioambientais.

### **2.2.2 PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL**

O Brasil, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010), no ano de 2000, apresentava uma produção de cana-de-açúcar cerca de 30 milhões de toneladas (t) a mais do que o segundo maior produtor mundial - a Índia -



e 260 milhões de t a mais do que o terceiro maior produtor - a China; essa diferença sofreu um aumento significativo em 2008, indo para 300 e 525 milhões de t a mais do que a Índia e a China, respectivamente. Na Tabela 1, podem ser observados valores da produção, área plantada e produtividade da cana-de-açúcar nos anos de 1990, 2000 e 2008 nos três países maiores produtores da cultura. Observa-se que durante esse período o aumento da produção brasileira é explicado pelo ganho de área plantada e não por produtividade, diferentemente da China onde, entre os anos de 2000 a 2008, a produção teve um aumento de 56 milhões de t enquanto a área cultivada teve um aumento de, apenas, 0,5 milhões de ha, tendo havido, portanto, um ganho na produtividade de 15 t.ha<sup>-1</sup> entre os anos de 2000 a 2008.

**Tabela 1.** Produção, área plantada e produtividade da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, Índia e China nos anos de 1990, 2000 e 2008.

	Produção (milhões t)			Área plantada (milhões ha)			Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )		
	1990	2000	2008	1990	2000	2008	1990	2000	2008
<b>Brasil</b>	263	328	649	4,3	4,8	8,1	79,4	78,4	79,7
<b>Índia</b>	226	299	348	3,4	4,2	5,1	65,6	70,9	68,9
<b>China</b>	63	69	125	1,1	1,2	1,7	58,9	58,3	73,1

**Fonte:** Anuário Estatístico da Agroenergia (MAPA, 2010).

Um alerta quanto ao processo de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Brasil é feito pelos autores Szmrecsányi et al. (2008), os quais salientam que este movimento tem sido caracterizado pelo crescimento horizontal da cultura, ou seja, o que se tem é um aumento das áreas ocupadas com a cultura, enquanto os rendimentos são constantes, conforme foi mostrado na Tabela 1.

Observa-se que a área plantada no Brasil entre os anos de 2000 e 2008, caracteriza-se por uma expansão progressiva de 4,8 milhões de ha no ano de 2000 para 9,2 milhões de ha no ano de 2010 (IBGE, 2012).

Entre as regiões brasileiras, a Centro-Sul sempre apresentou maior contribuição de produção da cana-de-açúcar, comparada à região Norte-Nordeste, devido à participação expressiva dos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e, recentemente, Goiás.

Nos anos-safras 2000/2001 a 2009/2010 (Tabela 2), houve expansões significativas da produção de cana-de-açúcar nos principais estados produtores, a saber:

o Estado de São Paulo, que aumentou sua produção em 215 milhões de t, o Paraná, em 31 milhões de t, Minas Gerais, em 35 milhões de t e Goiás em 33 milhões de t.

Evidencia-se, portanto, que essa expressiva produção de cana-de-açúcar exige extensas áreas e que, a nível nacional, a cultura da cana-de-açúcar tem ganhos de produção às custas do aumento da área plantada. Isto pode interferir na produção em outros segmentos de grande importância como na cadeia carne/grãos, já que o conflito ou as alternativas pela produção agrícola nos estados ocorre nas áreas que oferecem condições atrativas, dependendo principalmente de fatores naturais que propiciem melhores ganhos produtivos.

**Tabela 2.** Produção de cana-de-açúcar entre os principais Estados produtores na safra 2000/2001 a 2009/2010.

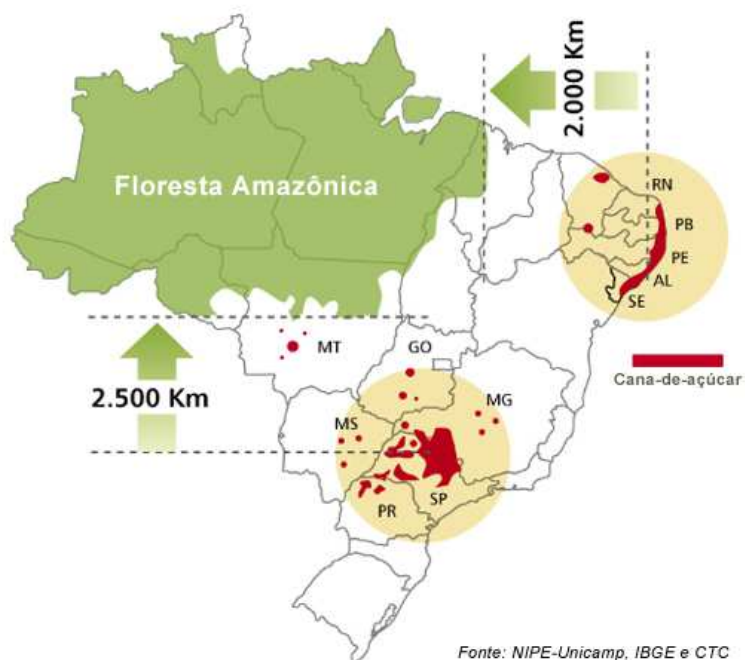
Safras (milhões de t)										
	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
<b>SP</b>	147	176	190	206	225	241	265	297	345	362
<b>PR</b>	19	22,8	23,5	28	28,7	24,5	32	39,8	42,8	49,9
<b>MG</b>	10,7	12	14	18	15	24,3	29	36	41,8	45,5
<b>MT</b>	8,6	10	12	14	15	12,3	13	14,5	14,1	14
<b>GO</b>	7,1	8	9	12	14	14,5	16	20,8	29,8	40

**Fonte:** Anuário Estatístico da Agroenergia (MAPA, 2010).

Em 2003, com a entrada dos automóveis flex fuel no mercado consumidor brasileiro, causou uma dramática expansão de áreas cultivadas com cana-de-açúcar de 5,4 milhões de ha em 2003 para 9,2 milhões de ha em 2010 (IBGE, 2012). Essa expansão pôde ser sentida nos principais Estados produtores da cultura como São Paulo, que teve um aumento de 2,4 milhões de ha; Minas Gerais aumento de 613 mil ha; Goiás aumento de 580 mil ha; Paraná aumento de 345 mil ha e Mato Grosso do Sul aumento de 446 mil ha (INPE/CANASAT, 2012). Portanto, o estado de Goiás no ano-safra 2011/2012, apresenta uma área cultivada com cana de 732 mil ha, sendo o terceiro maior produtor de cana do Brasil, atrás apenas de São Paulo (5,4 milhões de ha) e Minas Gerais (828 mil ha).

O Brasil, no ano de 2010, apresentava 432 unidades produtoras de cana-de-açúcar cadastradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dentre as quais, 19 se dedicam somente à produção de açúcar, 162 se dedicam à produção de etanol e 251 são unidades mistas, produzindo açúcar e etanol (MAPA, 2010). No que se refere à distribuição geográfica das usinas, as mesmas acompanham a concentração de

locação da produção, estando à maior parte delas localizadas na região Centro-Sul, principalmente no Estado de São Paulo. A Figura 2 mostra, em vermelho, as áreas onde se concentram as plantações, segundo dados oficiais do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas – SP) e do CTC (Centro de Tecnologia Canavieira); o que chama a atenção são as áreas aptas à expansão da cultura, que no mapa são indicadas pelas distâncias dos centros produtores. Percebe-se que a região dos Cerrados encontra-se francamente disponível para a expansão da cana, sem nenhuma restrição, caracterizada apenas por suas condições pedológicas e não pela sua cobertura vegetal, reservando apenas a área da floresta Amazônica, que se afigura como área relevante para a preservação. Esta mesma constatação é encontrada no regulamento do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (SILVA e FISCHETTI, 2008; JANK e NAPPO, 2009).



**Figura 2.** Áreas de expansão da produção de cana-de-açúcar no Brasil. **Fonte:** UNICA (2012).

Com este cenário otimista de expansão da produção de cana-de-açúcar e elevado consumo de etanol como biocombustível, o que fica em jogo é a quantidade de terras que o setor sucroalcooleiro precisa ocupar para garantir o processamento industrial sem comprometer a produção de grãos e a segurança alimentar.

Segundo Feltran-Barbieri (2009), o mecanismo usado pelos órgãos governamentais para “despistar” sobre a expansão de a cana-de-açúcar ocorrer em solos férteis, podendo comprometer culturas alimentícias, é supor a extraordinária disponibilidade de terras marginais - as pastagens degradadas - como escape, o que pode ser um erro, artifício válido apenas enquanto mera abstração de escala, que agrega classes de usos de solo, especialmente muito dispersas e fragmentadas. Na geografia do Brasil real, as pastagens só existem como componentes contextualizados, em arranjos combinados e contíguos a outros tipos de ocupação, cujos tamanhos, frequências, preços e acesso refletem o histórico de colonização local, conformando mosaicos de paisagens rurais peculiares e que respondem a mercados de terras específicos.

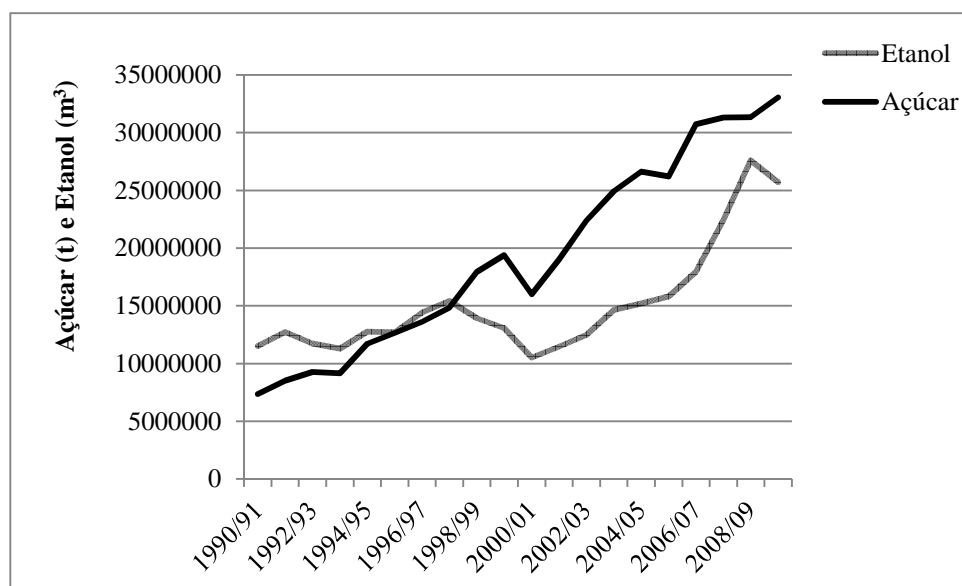
Como o autor acima diz, não se pode esperar que a oferta abundante dessas pastagens seja suficiente para criar uma procura proporcionalmente ajustada. Ao contrário, o setor sucroalcooleiro deve guiar sua demanda de acordo com os critérios racionalizados na adequação agrônômica - topografia favorável à mecanização, fertilidade dos solos, zoneamento agrícola - e econômicos - retorno líquido dos investimentos, custos de oportunidade das pastagens degradadas, custos de arrendamento ou compra de gleba, custos de transporte entre áreas plantadas e usina. Nestas circunstâncias, terras já comprometidas com culturas alimentícias, são no mínimo, tão atrativas quanto às pastagens.

Portanto as lideranças privadas e governamentais, ligadas ao tema, é essencial apresentar a cana-de-açúcar como uma cultura que ocupa terras supostamente “marginais” - pastagens degradadas - e por isso não promove o deslocamento ou a eliminação de culturas alimentares.

A maneira mais conveniente de se esquivar ao debate sobre os impactos do etanol brasileiro sobre a segurança alimentar e supressão de ecossistemas, é qualificar a região de fronteira como área improdutiva, ao mesmo tempo distante da Amazônia, além de apresentar a cana como uma cultura que ocupa “apenas” 1,1% do território nacional. Entretanto, a cana está entre as quatro culturas mais plantadas no país.

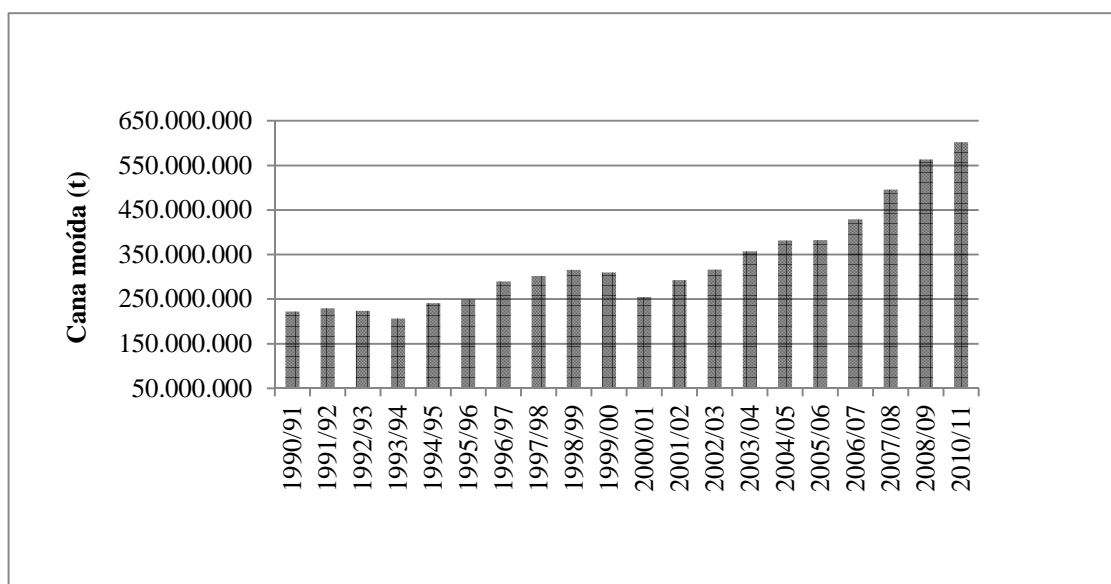
### **2.2.3 A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA BRASILEIRA: PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ETANOL**

A produção brasileira de etanol expandiu-se muito a partir da mistura obrigatória do produto com a gasolina, hoje estabelecida no máximo em 25%, além da tecnologia desenvolvida dos carros com motores flexíveis (flex fuel) em 2003, que rodam com qualquer proporção de mistura de gasolina e etanol. O gráfico 1 mostra a produção de açúcar e etanol durante as safras de 1990/1991 a 2010/2011. Nesse período, a produção de etanol teve aumento de 223%; já o açúcar, de 449%.



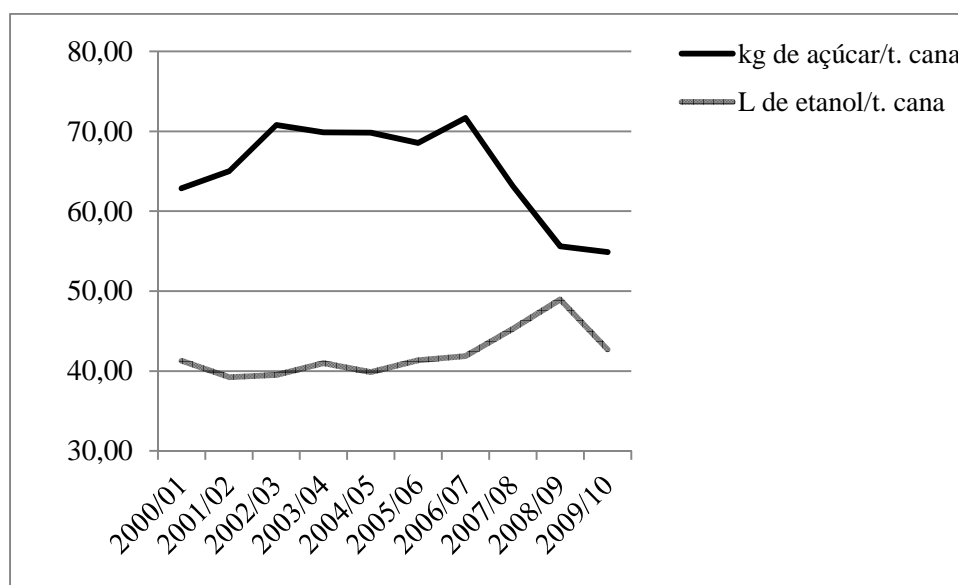
**Gráfico 1.** Produção brasileira de açúcar e etanol das safras 1990/1991 a 2010/2011.  
**Fonte:** Anuário Estatístico da Agroenergia (2010).

Algumas medidas merecem destaque no mercado brasileiro de etanol: (1) é mandatório o uso de 20% de etanol anidro na gasolina; (2) os veículos a etanol pagam um IPVA mais baixo e (3) os veículos a etanol e flex fuel têm redução no IPI. Essas medidas são importantes, pois estimulam o consumo de etanol, seja misturado à gasolina ou diretamente. Juntamente com o aumento do consumo de etanol como combustível veicular, a demanda por açúcar vem aumentando proporcionalmente ao crescimento populacional o que, portanto, justifica o aumento de cana-de-açúcar moída a partir da safra 2003/2004, como mostra o Gráfico 2.



**Gráfico 2.** Evolução da produção brasileira de cana-de-açúcar na safra de 1990/1991 a 2010/2011. **Fonte:** Anuário Estatístico da Agroenergia (2010).

Quanto ao rendimento industrial de açúcar e etanol, sempre o açúcar se manteve com rendimento superior ao do etanol, porém isto está sendo mudado pelo aumento do consumo do etanol, fazendo com que as indústrias invistam em tecnologias para a extração do mesmo, aumentando a produtividade de etanol e assim melhorando a eficiência industrial como mostra o Gráfico 3.



**Gráfico 3.** Produtividade de açúcar e etanol no Brasil entre os períodos de 2000 a 2010. **Fonte:** Anuário Estatístico da Agroenergia (2010).

## **2.3 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE GOIÁS E NA MICRORREGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS**

### **2.3.1 A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE GOIÁS**

Ainda que o incremento da produção sucroalcooleira em Goiás traga impactos positivos sobre a economia, vários impactos negativos podem ser considerados. No âmbito ambiental, estes incluem a prática de queimadas à época da colheita e a demanda por novas áreas. Da mesma forma, a expansão das plantações de cana-de-açúcar sobre áreas ocupadas por outras culturas, ou mesmo sobre áreas ainda intactas, certamente terá reflexos sobre a estrutura agrária, social e a biodiversidade do Estado, podendo agravar-se em algumas microrregiões como o sudoeste.

A agropecuária de Goiás sofreu importantes mudanças que decorreram das políticas de modernização implementadas a partir do início da década de 1970. Concretizadas com base em programas governamentais que tiveram os objetivos de diminuir as desigualdades regionais e acelerar o desenvolvimento econômico do país, vários estudos apontaram para a necessidade de modernizar o setor agrícola brasileiro como forma de retirar um entrave que foi diagnosticado como sendo o atraso que este setor impunha aos indicadores do país.

Neste sentido, os principais planos de desenvolvimento regional implantados em Goiás foram o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO (1975); o Programa de Desenvolvimento da Região Geoeconômica de Brasília (1979) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento dos Cerrados - PRODECER (1985) (PIRES, 2008).

Outro importante mecanismo para as mudanças estruturais na região foi à instituição em 1989 do fundo constitucional de financiamento do Centro-Oeste - FCO. Estes programas públicos incentivaram a alteração da base produtiva agrícola da região através da substituição de culturas voltadas prioritariamente para o mercado interno pelas culturas voltadas para o mercado externo.

Em todo o Centro-Oeste, a cultura que se destacou com uma produção voltada para o mercado externo foi a soja, que entre os anos de 1970 a 2010 teve uma



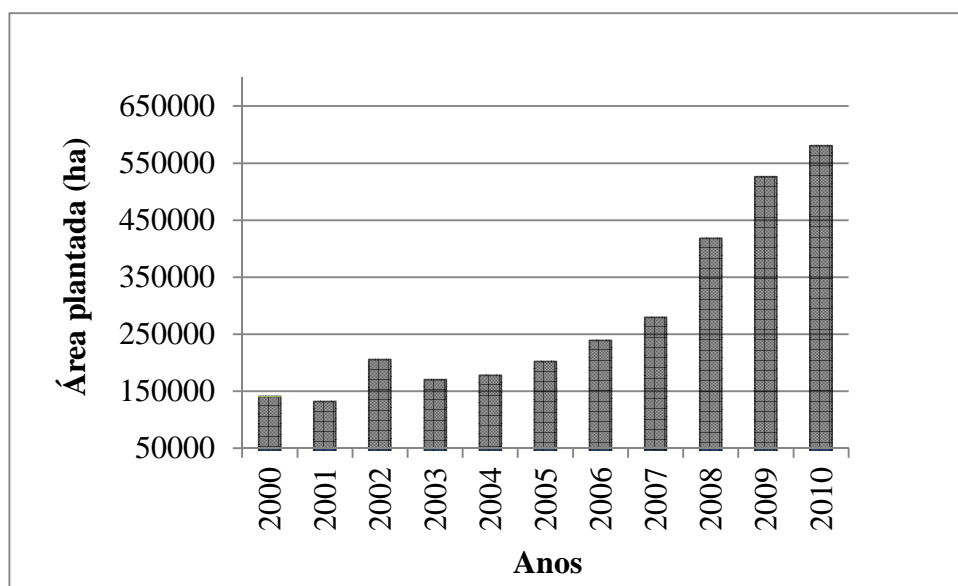
incorporação absoluta de produção de 31,5 milhões de t e um aumento na participação nacional de 44,6% (IBGE, 2012).

Segundo a Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás (SEPLAN/GO, 2012), em termos nacionais, em 2010 o Estado ficou na quarta posição na produção de grãos, com 13,2 milhões de t, perdendo para o Paraná, que apresentou uma produção um pouco mais que o dobro, e também para o Mato Grosso e Rio Grande do Sul. Em geral, Goiás ficou na quarta posição na produção de soja, na quinta posição na produção de milho, na terceira posição na produção de feijão e na sétima posição na produção de arroz. Já no contexto do Centro-Oeste, encontra-se na segunda posição na produção de arroz e de soja, na quarta posição na produção de feijão, na terceira posição na produção de milho. Portanto Goiás se configura em um Estado de grande representatividade na produção agrícola.

A preocupação é que a recente expansão da cana-de-açúcar possa comprometer a produção desses grãos, causando ruptura com a demanda, e perdas na balança comercial que, segundo a SEPLAN/GO (2012) “o complexo soja representa um item de grande importância para a exportação em Goiás, além da demanda de soja e milho estar associada a outro item de exportação, a carne”.

Neste sentido, a expansão da cana-de-açúcar em Goiás pode configurar em uma nova organização produtiva do uso do solo, destacando a variável rentabilidade que interfere nas decisões do que produzir, assim, à medida que a rentabilidade de uma atividade agrícola cresce, há uma atração de produtores para ela. Estes produtores podem ser tradicionais ou não na atividade, com possibilidade de aumentos de produtividade em áreas já cultivadas ou mesmo a incorporação de outras áreas para a nova atividade mais rentável, com a respectiva necessidade de substituir uma cultura pela outra, já que a terra tem um limite físico de produção.

No ano de 2010, Goiás apresentava 4,5 milhões de ha de área de lavoura temporária, destes, 87% correspondiam a lavouras de cana, milho e soja; e aproximadamente 40 mil ha de lavoura permanente. De 2000 a 2010, a área plantada com cana no Estado teve um acréscimo de 24%, passando de 139 mil ha para 578 mil ha (IBGE, 2012) (Gráfico 4).



**Gráfico 4.** Área plantada com cana-de-açúcar em Goiás entre os anos de 2000 e 2010.  
**Fonte:** IBGE (2012).

Este aumento de área cultivada com cana-de-açúcar é reflexo da expansão do número de novas usinas instaladas no Estado. Até agosto de 2011, Goiás apresentava um total de 51 usinas, destas, 32 em operação, 4 suspensas temporariamente, 6 em implantação e 9 em provável implantação. A microrregião sudoeste de Goiás representa 25% do total de usinas do Estado, ou seja, 13 usinas, sendo 7 em operação, 4 em implantação e 2 em provável implantação (Tabela 3).

**Tabela 3.** Projetos de usinas e destilarias do Estado de Goiás em funcionamento e previstas para serem instaladas. Situação: agosto/2011.

Municípios	Destilarias	Situação
Abadiânia	Goiás Agroenergia S/A	Provável implantação - operação 2014
Acreúna	Usina Canadá S/A	Operação suspensa temporariamente
Anicuns	Anicuns S/A Álcool Derivados	Operando
Aporé	Nardini Agroindustrial Ltda	Implantação - operação 2013
Aragarças	Berg Etanol e Agricultura Ltda	Provável implantação - operação 2014
Bom Jesus de Goiás	SMBJ Agroindustrial S/A	Implantação - operação 2014
Cachoeira Dourada	USJ Açúcar e Álcool S/A - São Francisco	Implantação - operação 2013
Caçu	Rio Claro Agroindustrial Ltda	Operando
Carmo do Rio Verde	CRV Industrial Ltda	Operando

Chapadão do Céu	Usina Porto das Águas Ltda	Operando
Edéia	Tropical Bioenergia S/A - Grupo Maeda	Operando
Goianésia	Jalles Machado S/A (Unidade Otávio Lage)	Operando
	Usina Goianésia S/A	Operando
	Jalles Machado S/A	Operando
Goiatuba	Goiasa - Goiatuba Álcool Ltda	Operando
	Bom Sucesso Agroindústria Ltda	Operando
Iaciara	Vale Verde - Grupo Farias	Provável implantação - operação 2015
Inhumas	Centroálcool S/A	Operando
Ipameri	LASA - Lago Azul Ltda	Operando
Itaberaí	Vale Verde - Grupo Farias	Provável implantação - operação 2013
Itapaci	Vale Verde - Grupo Farias	Operando
Itapuranga	Vale Verde Empreendimentos Agrícolas Ltda	Operação suspensa temporariamente
Itumbiara	Central Itumbiara de Bioenergia e Alimentos Ltda	Operando
	Usina Panorama S/A	Operando
Jandaia	Denusa - Destilaria Nova União S/A	Operando
Jataí	Cosan Centroeste S/A Açúcar e Álcool	Operando
Mineiros	Brenco Goiás Ind Com Etanol Ltda. M	Operando
Montividiu	Cosan Centroeste S/A Açúcar e Álcool	Provável implantação - operação 2015
	Destilaria Serra do Caiapó S/A	Operando
Montes Claros de Goiás	Eber Bio-Energia e Agricultura Ltda	Provável implantação - operação 2013
Morrinhos	Central Energética Morrinhos S/A.	Operando
Paraúna	Cosan Centroeste S/A Açúcar e Álcool	Provável implantação - operação 2014
	Usina Nova Gália Ltda	Operando
Perolândia	Usina Água Emendada - Brenco / ETH Bioenergia	Implantação - operação 2012
Porteirão	Usina São Paulo Energia e Etanol Ltda	Operando
Quirinópolis	Usina Boa Vista S/A	Operando
	USJ Açúcar e Álcool S/A - São Francisco	Operando
Rio Verde	Destilaria Catanduva Ltda	Operando
	Rio Verde Álcool e Açúcar Ltda	Implantação - operação 2013
	Usina Ouroana Ltda	Provável implantação - operação 2014
Rubiataba	Cooperativa Agroind Rubiataba Ltda - Cooper-Rubi	Operando
Santa Helena de Goiás	Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool S/A	Operando
	Cambui Açúcar e Álcool Ltda	Implantação - operação 2012
Santo Antônio da Barra	Floresta S/A Açúcar e Álcool	Operando

São Simão	Energética São Simão S/A	Operação suspensa temporariamente
Serranópolis	Energética Serranópolis Ltda	Operando
Turvelândia	Vale do Verdão S/A Açúcar e Álcool Vale Verde - Grupo Faria	Operando Provável implantação - operação 2014
Uruaçu	Uruaçu Açúcar e Álcool Ltda	Operação suspensa temporariamente
Vicentinópolis	Caçu Com. e Ind. de Açúcar e Álcool Ltda	Operando
Vila Boa	Alda Part. e Agropecuária S/A	Operando

**Fonte:** SIFAEG (2012).

Com a recente expansão da cultura da cana-de-açúcar, acredita-se na possibilidade de culturas como o milho, o sorgo e até mesmo a soja não manterem o nível de participação no sistema produtivo goiano. Poderá ocorrer principalmente nas microrregiões produtoras de grãos, um deslocamento destas culturas para outras regiões.

Os fatores que motivaram a entrada dos grupos usineiros em Goiás, segundo as pesquisas de campo feitas nas usinas do sudoeste de Goiás foram a qualidade do solo, a infraestrutura e a logística. Estas áreas são as mesmas de consolidação dos sistemas agroindustriais da soja, das carnes e do milho. Ao contrário da ocupação de espaços produtivos agrícolas, com expulsão de uma pecuária extensiva, como foi o caso da soja, com a expansão da cana tem-se um acentuado conflito entre os interesses agroindustriais carne/grãos e o sucroalcooleiro.

Portanto, o avanço da cana-de-açúcar causa preocupação a nível estadual, já que os sistemas agroindustriais mais ameaçados pelo avanço da cultura são os que geram as maiores divisas para o Estado.

### 2.3.2 A PECUÁRIA EM GOIÁS

Tradicional em Goiás, como a atividade que primeiro ocupou as fazendas da região, dentre suas características, a baixa produtividade dos rebanhos é um componente da principal atividade utilizada para ocupação de espaços, favorecendo a concentração fundiária nas regiões de expansão agrícola.

Sabiam-se, antes da década de 1970, que as terras de maiores índices de rendimento eram as de mata, terras cobertas por capoeiras, as invernadas ou pastos - antigas áreas de mata; baseava-se nos usos tradicionais, até mesmo para associar à heterogeneidade da vegetação do Cerrado aos diferentes tipos de solo, organizando-os segundo classes tradicionalmente enumeradas pelos pecuaristas e indicando gradientes de fertilidade pedológica (LIMA, 2010).

Estudos, detectando o potencial agrícola do Cerrado, foram produzidos a partir de 1970, com a implantação de programas como o POLOCENTRO - Programa de Desenvolvimento do Cerrado - e o PRODECER - Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados -, os quais foram responsáveis pela integração do sistema agrário aos novos padrões da ciência moderna, direcionando para a produção de monoculturas exportadoras, baseadas na produção de alimentos e matéria-prima, como a sojicultura, pressionando a pecuária extensiva a ceder terras.

Assim, a pecuária tem sido citada como a que tem maior possibilidade de liberação de terras para expansão das atividades agrícolas no Brasil, principalmente, as áreas ditas como de “pastagens degradadas”.

Segundo Feltran-Barbieri (2009), a ideia quase hegemônica de que os Cerrados são resultantes da “degradação” de florestas, conduziu à conclusão de que as áreas “degradadas” se constituem em “zonas marginais” por apresentarem grandes extensões de terras subutilizadas que poderiam ser incorporadas ao processo produtivo. Esse pressuposto parece esclarecer o termo “pastagem degradada”, a qual é tida como a incapacidade de resiliência da produção de biomassa forrageira, comprometendo a produtividade animal e determinando a exploração extensiva, já que historicamente, as pastagens nativas do Cerrado evoluíram por milhares de anos sem as gigantescas manadas de herbívoros, mostrando-se particularmente frágeis ao pastejo e pisoteio.

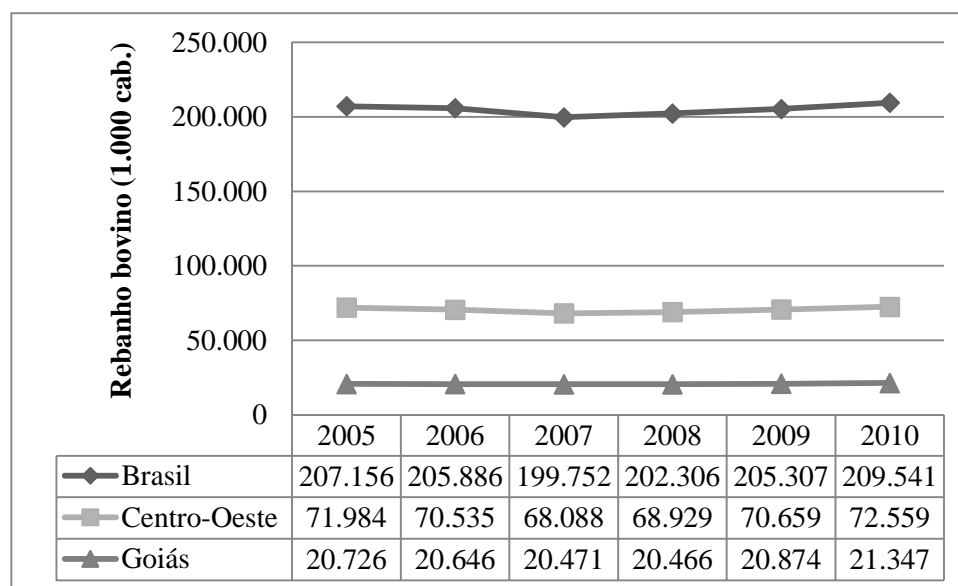
A pecuária, tratando-se de atividade extensiva e geralmente dotada de pastagens degradadas, não é exigente em relação às condições pedológicas e topográficas comparadas à agricultura intensiva na qual estes fatores são de muito interesse. A princípio, os interesses das duas atividades são distintos, o que sugere uma reflexão quanto à recente expansão canavieira em áreas de pastagens degradadas.

Logo, a associação “pastagem degradada”, que segundo Feltran-Barbieri (2009), já serviu para justificar a expansão da fronteira agrícola no estabelecimento do complexo carne/grãos parece ser à base de sustentação para a expansão canavieira no Cerrado, com a prerrogativa de não competir com a produção de alimentos, aliás, o

setor canavieiro rebate esta crítica usando o argumento de que a cana-de-açúcar ocupa apenas 1% do território nacional (JANK & NAPPO, 2009). A soja, que é a cultura mais plantada no país, ocupa uma área de 2,74% e o milho 1,52%. Se forem consideradas apenas as áreas de lavoura temporária, que representam 6,94% de toda a área do país, o peso da cana-de-açúcar é ainda maior, de 15,52%, da soja, 39,52% e do milho de 21,95%. Desse modo, o contra-argumento da ínfima área ocupada pela cana-de-açúcar, comparada à abundância do território nacional, parece não se tornar desprezível à competição por solos mais rentáveis, pelo menos em escala regional, como o sudoeste de Goiás, não se descartando a disputa entre o cultivo desta gramínea e os grãos. Assim, refuta-se a premissa de que a expansão canavieira só se dará nas vastas áreas de pastagens degradadas, o que parece não ocorrer no momento.

Os discursos oficiais do Governo do Estado de Goiás e das principais entidades de classe de produtores de cana-de-açúcar salientam a possibilidade de avanço da cultura sobre as áreas de pastagens degradadas e sobre terras cedidas com a intensificação de tecnologia e aumento da produtividade na pecuária. O Gráfico 5 retrata a situação do número de rebanhos bovinos no Brasil, Centro-Oeste e Goiás, de 2005 a 2010. Em Goiás, observa-se que, de 2007 a 2010, houve um aumento de 876 mil cabeças, porém, este aumento não significa, necessariamente, que houve um incremento de área de pastagem, já que a prática do confinamento vem sendo cada vez mais usada pela pecuária, promovendo a liberação de áreas para outras atividades agrícolas. Segundo dados do IPEADATA (2010), a lotação de cabeças bovinas no Cerrado é de 1,5 cabeças/ha, o que em Goiás representaria uma área de pastagem em 2010 de 14 milhões de ha ou 41,84% do território estadual. Este resultado é muito expressivo já que no mesmo ano, a área de lavoura temporária correspondia a 13% (4,5 milhões de ha) e a de lavoura permanente, 0,12% (39 mil ha) (IBGE, 2012).

Portanto, os impactos na atividade pecuária poderiam ser compensados, caso a opção de ocupação preferencial de pastagens degradadas seja efetivamente buscada, bem como, o aumento na produtividade bovina.



**Gráfico 5.** Variação do número de rebanho bovino do Brasil, Centro-Oeste e Goiás de 2005 a 2010. **Fonte:** SEPLAN/GO (2012).

### 2.3.3 IMPACTOS DA EXPANSÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO USO DO SOLO NO SUDOESTE DE GOIÁS

A microrregião sudoeste de Goiás, composta por dezoito municípios, apresenta uma atividade agropecuária diversificada e integrada ao setor industrial, sendo que vários sistemas agroindustriais da região, principalmente o de carne/grãos, são um importante componente da economia de Goiás, como apontam os dados do IBGE (2012), que no ano de 2010, de toda produção de soja do Estado, o sudoeste tinha uma participação de 42,5% - 3 milhões de t. Entretanto, nos últimos anos, esta microrregião apresenta os maiores índices de crescimento do setor canavieiro, o que tem aumentado a preocupação com os impactos desta expansão.

Os dados da Tabela 4 confirmam a organização da estrutura produtiva agrícola, alicerçada na sojicultura.

A cana-de-açúcar teve participação de 3,2% na área cultivada com lavouras temporárias, em 1990. De 1992 a 1998, ocorreu uma redução de 1,1% mas, em seguida, de 1998 a 2007, esta cultura sofreu um aumento de 0,5% na área plantada. Na média trienal de 2008 a 2010, a cana apresentou uma evolução de 3,4%. A variação absoluta positiva da área plantada com esta cultura foi de, aproximadamente, 65 mil ha. Entende-

se que este ganho de área acontece principalmente sobre as áreas de sojicultura, já que a redução da área de soja foi de, aproximadamente, 9% - 50 mil ha -, de 2007 a 2010.

Comparando-se a produtividade da cana e da soja, entre 1990 e 2010, a cana apresentou um aumento de 75,3% enquanto a soja de 64,6%. Portanto, a ideia de que a cana é uma cultura que tem uma expansão pautada no aumento de áreas e não na produtividade pode ser equivocada, pelo menos quando comparada e analisada com a soja no sudoeste de Goiás. A área colhida com cana teve um aumento de mais de 130 mil ha; a soja apresentou, no mesmo período, um aumento de 557 mil ha. Apesar da expressiva área de soja, a cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás também está concentrada nos principais municípios produtores de grãos. Devido à expansão da cana não ter consolidado totalmente, as reduções em áreas de culturas de grãos como a soja ainda são pequenas.

A cana-de-açúcar não apresentou uma alta participação entre as culturas temporárias nos últimos sete triênios, somente no período de 2007 a 2010, é que a mesma aumentou a área plantada de 42 mil ha para 107 mil ha (aumento de 39%). Em contrapartida, no mesmo período, a expansão de grãos apresentou um aumento de 212 mil ha somados às culturas de soja, milho e sorgo.

**Tabela 4.** Área plantada (vezes mil ha) das culturas selecionadas no sudoeste de Goiás - médias trienais 1990 a 2010.

<b>Cultura</b>	<b>90/92</b>	<b>93/95</b>	<b>96/98</b>	<b>99/01</b>	<b>02/04</b>	<b>05/07</b>	<b>08/10</b>
LT	722	922,7	1.031	1.333	1.585	1.612	1.785,8
LP	4,3	2,4	1,6	1,7	2,0	1,9	2,1
Arroz	61,8	60	28,5	35,8	23,3	24,2	12,4
Algodão	17,8	24,4	54,1	30,2	32,6	38,7	37,1
Cana-de-açúcar	23	24	22	31,6	42,2	42,2	107,5
Feijão	7,3	6,3	13,1	28,7	22,8	12,8	20,8
Milho	184,2	265,3	274,3	364	318,7	304,3	442,5
Soja	421,5	509,8	556,8	717	981,3	1.033	982,4
Sorgo	3,4	27,4	74,3	113,6	153,9	143	167
% Arroz – LT	8,5	6,5	2,8	2,7	1,5	1,5	0,7
% Algodão – LT	2,4	2,6	5,2	2,3	2	2,4	2,1
% Cana-de-açúcar – LT	3,2	2,6	2,1	2,4	2,6	2,6	6
% Feijão – LT	1,0	0,7	1,3	2,1	1,4	0,8	1,8
% Milho – LT	25,5	28,7	26,6	27,3	20	18,9	24,8
% Soja – LT	58,4	55,2	54	53,8	62	64,1	55
% Sorgo – LT	0,5	3	7,2	8,5	9,7	8,9	9,3

LT: Lavoura Temporária; LP: Lavoura Permanente. **Fonte:** IBGE - SIDRA (2012).



A economia, fortalecida pelo avanço da soja no setor agrícola, deu sequência à implantação do sistema agroindustrial, através da instalação da agroindústria nos principais municípios produtores além da entrada de novos grupos no processamento industrial animal, como dos bovinos, suínos e aves. Esta conjuntura favoreceu uma integração acentuada entre os produtores de grãos e os capitais industriais do Estado, alguns originários dos segmentos agrícolas, caso da Cooperativa Agroindustrial do Sudoeste de Goiás - COMIGO -, e outros grupos do Sul e Sudeste do país, como a Perdigão e a Cargill, com o processamento industrial de suínos e de soja, respectivamente.

Assim, o sudoeste destaca-se no Estado de Goiás como a microrregião, dentre as dezoito, a mais importante para o segmento do agronegócio goiano. Em 2010 produziu 46,27% de 12,5 milhões de t de grãos de todo o Estado com participação nacional de 4,63%, dentro de uma produção nacional de 125 milhões de t, e caracteriza-se pela consolidação da integração do setor agrícola e industrial (grãos/carne), através de agroindústrias processadoras de matérias-primas da região (IBGE - PAM, 2012).

A microrregião contribuiu para o Estado, em 2010, com 42% da produção de soja, 51% da produção de milho, 12% do rebanho bovino e 29% da produção de cana-de-açúcar, esta, 10% superior à obtida no ano de 2009, conforme Tabela 5.

Outro dado interessante é que a participação do sudoeste na produção de soja tem aumentado de 2005 a 2010 enquanto a área plantada sofreu pequeno decréscimo, o que significa um aumento na produtividade, em 2005, de  $2.583 \text{ kg.ha}^{-1}$  para  $3.016 \text{ kg.ha}^{-1}$ , em 2010, ganho de  $433 \text{ kg.ha}^{-1}$ ; na cultura da cana houve grande expansão da área plantada, passando de 41,2 mil ha, em 2005, para 155 mil ha, em 2010 e com produção de mais de 5 milhões de t. No ano de 2010, a microrregião obteve uma produtividade de cana de  $89,9 \text{ t.ha}^{-1}$  enquanto todo o Estado  $82,9 \text{ t.ha}^{-1}$ , ou seja, o sudoeste atingiu uma produtividade de aproximadamente  $7 \text{ t.ha}^{-1}$  de cana acima da média estadual.

Assim, as atrações que Goiás apresenta, sejam elas agrícolas ou industriais, não são distribuídas de forma homogênea no seu espaço geográfico. Percebe-se, nitidamente que, ao analisar os dados econômicos do Estado, existe uma concentração no sudoeste, agravando-se as disputas pelos espaços produtivos. Um dos fatores que minimizam estas pressões têm sido os ganhos em produtividade em várias atividades agropecuárias, liberando terras para novos cultivos, a exemplo da pecuária, que vem perdendo áreas consecutivamente para a agricultura, porém mantendo constante o número de cabeças de rebanho bovino, como mostra a Tabela 5. Apesar de esta atividade estar liberando

áreas, a concentração produtiva canavieira também está na região de produção de grãos; assim, acredita-se que pecuária terá uma participação menor na liberação de áreas para a cana-de-açúcar.

**Tabela 5.** Participação estadual da microrregião sudoeste de Goiás na produção e área plantada dos principais produtos agrícolas nos anos de 2005 a 2010.

<b>Quantidade produzida em Goiás (em milhões de t)</b>												
<b>Participação Sudoeste - Goiás (%)</b>												
	<b>2005</b>	<b>%</b>	<b>2006</b>	<b>%</b>	<b>2007</b>	<b>%</b>	<b>2008</b>	<b>%</b>	<b>2009</b>	<b>%</b>	<b>2010</b>	<b>%</b>
<b>Cana-de-açúcar</b>	15.6	22	19	20	22.4	17	33.1	18	43.6	20	48	29
<b>Soja</b>	6.9	42	6	44	5.9	44	6.6	45	6.8	44	7.2	42,5
<b>Milho</b>	2.8	35,7	3.3	44	4.1	44	5.1	44	4.9	47	4.7	51,6
<b>Rebanho bovino (cabeça)</b>	20.7	12	20.6	12	20.4	12	20.4	12	20.8	13	20.8	12

<b>Área plantada em Goiás (em 10 mil ha)</b>												
<b>Participação Sudoeste - Goiás (%)</b>												
	<b>2005</b>	<b>%</b>	<b>2006</b>	<b>%</b>	<b>2007</b>	<b>%</b>	<b>2008</b>	<b>%</b>	<b>2009</b>	<b>%</b>	<b>2010</b>	<b>%</b>
<b>Cana-de-açúcar</b>	20	20,6	23.7	17,9	27.8	15,4	41.6	16,7	52.4	18,7	57.8	26,8
<b>Soja</b>	266.3	42,3	249	42,3	217	42,2	218	43,1	232	42,5	245	41,7
<b>Milho</b>	61.5	39	69.7	42,3	83.1	40,5	90.5	44	90.6	49,4	86.2	55,8

**Fonte:** IBGE - PAM (2012).

Através dos dados apresentados na Tabela 5, observa-se que tanto a área plantada com grãos quanto a sua produção, especificamente, de soja e milho, representa mais de 40% do que se produz no Estado. Portanto, fica clara a importância do sudoeste para a produção de grãos em Goiás. Como o processo de organização e de decisão na produção de culturas anuais é feito, principalmente, de acordo com as tendências de preços de mercado, nos períodos de entressafra, há uma mudança acentuada quando as culturas têm preços melhores. No entanto, na cultura da cana-de-açúcar, esta mobilidade não existe. Com a entrada da cultura no sudoeste de Goiás, o processo produtivo tenderá a uma maior rigidez, pois o modelo adotado no setor é do fornecimento de cana pela própria usina e como os períodos de arrendamentos normalmente são de longo prazo, não há como migrar rapidamente de uma cultura para outra.

## **2.3.4 ZONEAMENTO E REGULAMENTAÇÃO DE ÁREAS PARA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SUDOESTE DE GOIÁS**

### **2.3.4.1 ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Questionando-se a premissa de que a expansão da cana-de-açúcar ocorre em pastagens degradadas e em relação ao seu zoneamento agroecológico, propõe-se a seguinte questão, a qual é uma das razões deste trabalho: A expansão da cana-de-açúcar para a produção de etanol na microrregião sudoeste de Goiás tem ocorrido, preferencialmente, sobre pastagens degradadas? A hipótese subjacente é a de que, em um cenário onde existe uma disputa pelas terras produtivas, as pastagens degradadas se tornam áreas rejeitadas pelo setor sucroalcooleiro, contrariando a premissa proposta.

Através da realização de trabalhos de campo e entrevistas, com os agentes envolvidos nesta atividade, permitiram melhor diagnosticar a motivação existente para a escolha das áreas a serem utilizadas para o plantio da cana. Neste sentido, a topografia plana, a fertilidade do solo, as expectativas de rendimentos dos talhões, a proximidade das instalações da usina, a infraestrutura de escoamento, deram preferência às áreas ocupadas por lavouras de soja em detrimento das pastagens degradadas. Deste modo, o setor sucroalcooleiro torna-se um novo competidor por solos férteis, o que pode provocar significativo impacto no uso e ocupação das terras agrícolas do sudoeste de Goiás.

Em relação ao Brasil, o país pode tornar-se grande exportador de etanol, uma vez quebradas as barreiras impostas pelas certificações socioambientais exigidas por países importadores potenciais. Para obter a certificação, o Brasil tem que obedecer a critérios, como: (1) não substituir por cana áreas designadas para a produção de alimentos e para conservação da biodiversidade, e (2) eliminar a prática da queima da palha antes da colheita. Neste sentido, o governo brasileiro motivou estudos para propor um zoneamento agroecológico da cana, o qual considera aspectos ambientais, econômicos e sociais, orientando assim, a expansão sustentável da produção de cana e os investimentos no setor de biocombustíveis (RUDORFF et al., 2010).

Logo, visando à expansão ordenada da cana, de modo a minimizar os problemas ambientais e os relacionados à segurança alimentar, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) coordenou uma pesquisa que resultou no

Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar no Brasil (ZAE), aprovado e regulamentado na forma de decreto Nº 6.961, de 17 de setembro de 2009.

Os principais parâmetros adotados no zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, para a identificação de áreas apropriadas para sua expansão foram: vulnerabilidade das terras, risco climático, potencial de produção agrícola sustentável e a legislação ambiental vigente.

Desta forma, o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar restringe à expansão em áreas com declividade superior a 12%, observando-se a premissa da colheita mecânica e sem queima das áreas de expansão, como as áreas com cobertura vegetal nativa; os biomas Amazônia e Pantanal; a Bacia do Alto Paraguai; áreas de proteção ambiental; terras indígenas; remanescentes florestais; dunas; mangues; escarpas e afloramentos de rocha; reflorestamentos; áreas urbanas e de mineração. O zoneamento protegeu a Amazônia e o Pantanal devido às fragilidades ecológicas e suas características ambientais pouco favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar e, praticamente, absorveu a expansão canavieira no Cerrado.

Os resultados obtidos do Zoneamento Agroecológico (ZAE) da Cana-de-açúcar, demonstram que o país dispõe de cerca de 63,5 milhões de ha de áreas aptas à expansão do cultivo com cana-de-açúcar, sendo que destes, 18 milhões de ha foram considerados com alto potencial produtivo, 41,2 milhões de ha, com potencial médio e 4,3 milhões de ha, com potencial baixo para o cultivo. As áreas aptas à expansão e cultivadas com pastagens, em 2002, representavam cerca de 36,1 milhões de ha. Estas estimativas, segundo o ZAE-Cana, demonstra que o país não necessita incorporar novas áreas, nem as com cobertura nativa, nem as destinadas ao processo produtivo, podendo expandir a área de cultivo com cana-de-açúcar com pouca influência sobre as terras utilizadas para a produção de alimentos.

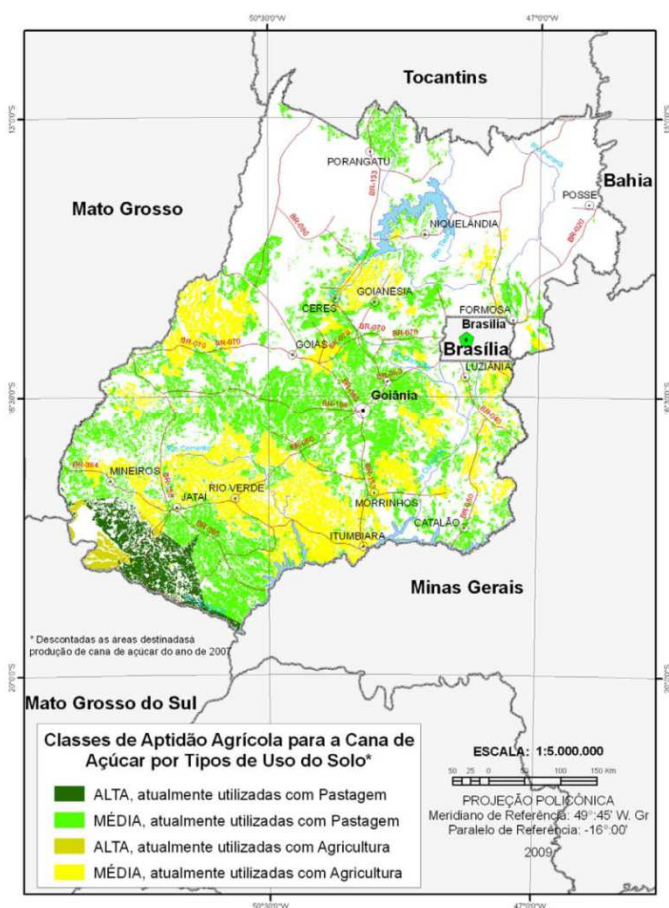
Quando analisados os resultados do ZAE na região Centro-Oeste, é possível perceber que, dentre as quatro unidades da federação que a constituem, o Estado de Goiás é o que apresenta predominância de áreas aptas com 26,4 milhões de ha, ou 41,6%, seguido por Mato Grosso do Sul com 35,9% e Mato Grosso com 22,5%. Desta forma, em Goiás, o cenário de competição entre grãos, pecuária e o setor sucroalcooleiro pode se agravar em função desta disponibilidade de áreas.

Ainda de acordo com os dados do ZAE, Goiás, no ano de 2009 apresentava 7,7 e 4,8 milhões de ha de áreas de pastagem e de agricultura, respectivamente, disponíveis para cultivo da cana e para o sudoeste do Estado, a área disponível para a expansão era

de, aproximadamente, 3 milhões de ha sendo 1,4 milhões ha para agricultura e 1,6 milhões ha para pastagem.

O Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), que atua como principal agente financiador da expansão dos biocombustíveis e do setor sucroalcooleiro, aponta para uma expansão em áreas degradadas (MELLO, CANEPA, COSTA, 2010). Assim, além da área potencial para expansão estar no bioma Cerrado, às pastagens degradadas, também, se localizam neste domínio. Além desses fatores, é visível a falta de discussão sobre segurança alimentar no Brasil e a inexistência de monitoramento da expansão da cultura da cana-de-açúcar sobre as áreas de produção de grãos. A Figura 3 apresenta o mapa, resultado do ZAE-Cana, das áreas aptas para o cultivo da cana-de-açúcar para todo o Estado de Goiás.

### Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar Estado de Goiás



**Figura 3.** Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar para o Estado de Goiás.  
**Fonte:** ZAE - Cana-de-açúcar (2009).

#### **2.3.4.2 MECANISMOS LEGAIS PARA CONTROLAR A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SUDOESTE DE GOIÁS**

Com a ausência de uma regulamentação sobre o uso da terra - zoneamento municipal -, torna-se difícil o controle sobre a expansão da cana nos municípios produtores de grãos do sudoeste de Goiás.

Com a função de proteger a diversidade agrícola e a produção de grãos, importantes municípios do sudoeste de Goiás aprovaram leis municipais para promover o ordenamento territorial das principais atividades agrícolas. Porém, a constitucionalidade destas leis é um tema que tem sido foco de debates, tendo em vista que os ZEEs (Zoneamentos Ecológicos Econômicos) municipais ainda não foram feitos, o que fragiliza a possibilidade de sustentação destas leis.

Entende-se que a concorrência pelas terras em regiões agrícolas é um fator natural do processo de desenvolvimento das atividades produtivas. Contudo, a pouca ou quase nenhuma flexibilidade da cana-de-açúcar com outras culturas, demanda uma política de planejamento atuante dos poderes públicos municipais e estaduais para evitar problemas recorrentes em regiões de expansão do complexo canavieiro, como a concentração fundiária, problemas ambientais e problemas sociais, principalmente ligados ao trabalho manual no setor.

As principais entidades que representam o setor carne/grãos (sistema agroindustrial de carnes e a sojicultura) têm se organizado para reivindicar medidas que garantam o fornecimento de matérias-primas para suas agroindústrias. Este tipo de pressão gerou tentativas de delimitação do plantio de cana em alguns municípios (Figura 4).



**Figura 4.** Audiência pública no Centro Cultural de Jataí realizada no dia 09/nov./2010.  
**Fonte:** FRANCO, I. O. (2010).

Os municípios de Jataí, Montividiu e Rio Verde adotaram uma legislação municipal para impedir o avanço da cana sobre as demais culturas. Montividiu, em 2006, aprovou uma lei que limita em 15% o cultivo de cana em toda a área agricultável do município; assim como nesse município, em Jataí, em 21 de dezembro de 2010, foi sancionada a lei que limita em 50 mil ha a área para o cultivo da cana-de-açúcar, o que corresponde a 14,2% de toda a área agricultável do município no ano de 2010. E Rio Verde, em 20 de setembro de 2006, entrou em vigor uma lei que limitava em 10% de cada propriedade agricultável, por safra, o plantio de cana-de-açúcar.

As entidades dos produtores rurais de cana-de-açúcar do município de Rio Verde não apoiaram a decisão e entraram com pedido de julgamento ao Tribunal de Justiça de Goiás, sugerindo a inconstitucionalidade da lei. O julgamento ocorreu em junho de 2008 em favor dos produtores, tornando a lei inconstitucional, pautada no artigo 22 da Constituição Federal, onde fica definido que é competência privada da União legislar sobre direito agrário.

Outro fato que esbarra no direito privado é quanto ao direito legal que tem o proprietário de terras em arrendá-las a quem lhe interesse. Esta legislação tem conveniências, pois a aquisição de áreas para expansão da cana-de-açúcar nos municípios do sudoeste de Goiás está ocorrendo através de práticas de arrendamentos, já que aos usineiros não interessa a aquisição terras para não imobilizar capital nessas áreas muito valorizadas da região. Desta forma, um meio de garantir seu uso é via contratos de arrendamentos o que, automaticamente, inflaciona o valor cobrado pelo uso

das terras, fazendo do setor sucroalcooleiro um “rival” para as indústrias de carnes/grãos, já instaladas (SILVA, 2011).

Este mecanismo legal, que iniciou em Rio Verde, está levando vários municípios a abandonarem uma política de ocupação do espaço territorial pelas atividades de produção de grãos e carne, estando os mesmos a mercê da instalação do setor sucroalcooleiro e conseqüente expansão do cultivo da cana.

## **2.4 MODELAGEM NA AGRICULTURA: USO DO MODELO DSSAT/CANEGRO PARA PRODUÇÃO PREDITIVA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

### **2.4.1 MODELAGEM NA AGRICULTURA**

Com a finalidade de obter um melhor conhecimento da interação entre as plantas e o ambiente, modelos de simulação são ferramentas de elevado potencial, permitindo o estudo e entendimento dos processos físicos, químicos e biológicos da interação, e estimulando o desenvolvimento da cultura em diferentes situações (SOLER, 2004).

O’Leary (2000) salientou que devido à complexidade da natureza, os estudos acadêmicos são centrados a pequenas áreas de interesse, no qual gradualmente acumulam-se conhecimentos. Para uma investigação do sistema real, a complexidade do processo torna a mesma muito limitada, por envolver altos custos operacionais, equipe especializada, entre outros. Logo, para uma descrição do sistema real, faz-se necessário um conhecimento técnico de alto nível, que possa facilitar as descrições dos processos envolvidos, gerando a proposição de modelos matemáticos.

Modelo pode ser definido como uma série de algoritmos que descrevem um sistema (JAME; CUTFORTH, 1996). Segundo Soler (2004), um modelo simula uma cultura pela estimativa do crescimento de seus componentes como caule, folhas e raízes.

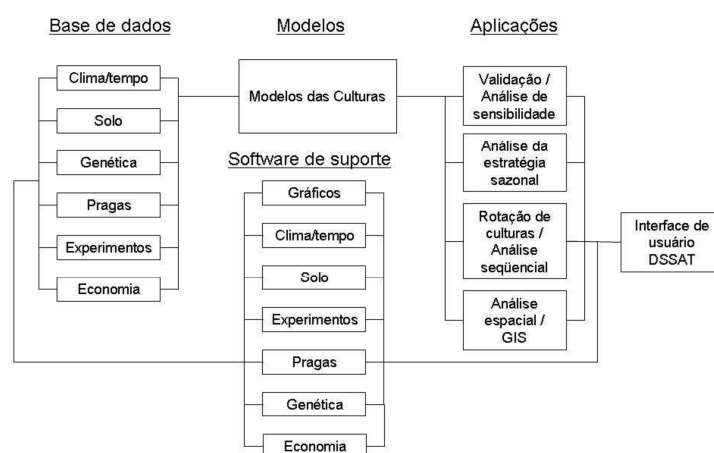
Os modelos de simulação de culturas são considerados ferramentas que contribuem para a melhoria da previsão de safras e monitoramento das culturas, como ocorreu no caso de Liu e Bull (2001), que utilizaram o modelo QCANE para a simulação de biomassa e acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar.



A modelagem agrícola para a cultura da cana-de-açúcar, baseada em processos, isto é, realizada por modelos mecanísticos, apresenta diversas aplicações, sendo algumas delas descritas por Lisson et al. (2005) como: a) impacto do plantio e da colheita sobre a produtividade da cana-de-açúcar, onde os dados podem ser analisados para tomada de decisão sobre a melhor época de plantio e colheita; b) estudo da produtividade potencial em diferentes regiões; c) melhoria da eficiência do uso da água; d) previsão de produtividade.

#### 2.4.2 SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DE AGROTECNOLOGIA - DSSAT

O Sistema de Suporte à Decisão e Transferência de Agrotecnologia (DSSAT do inglês Decision Support System Agrotechnology Transfer) simula o crescimento e desenvolvimento de 16 culturas, levando em conta o clima, o solo, o manejo e aspectos genéticos da cultura e vem sendo utilizado nos últimos 15 anos por pesquisadores de todo mundo. O DSSAT contém uma coleção de programas independentes para organização dos dados de clima, solo, observações de campo, condições experimentais e informações genotípicas (JONES et al., 2003) (Figura 5).

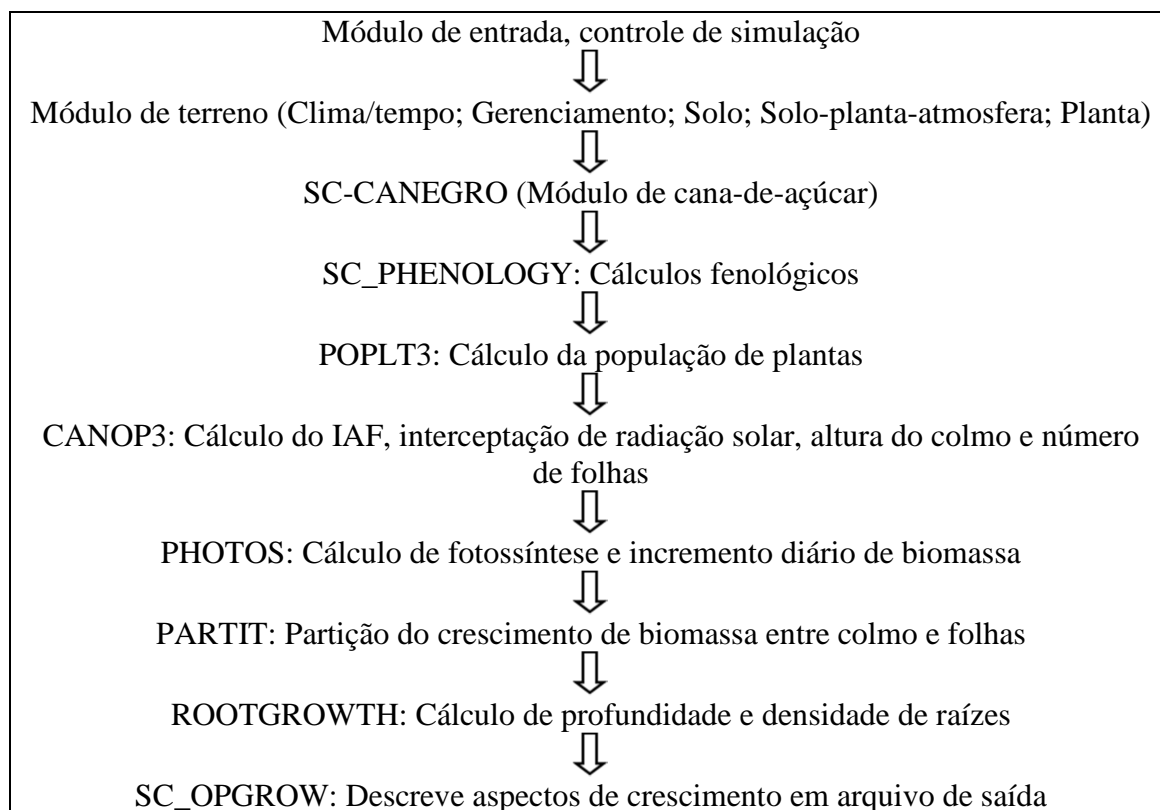


**Figura 5.** Diagrama da base de dados, aplicação, e componentes do software e seus usos com modelos de culturas para aplicações no DSSAT. **Fonte:** Jones et al. (2003).

Jame e Cutforth (1996) descrevem o DSSAT como um conjunto de programas de computador projetados para acomodar modelos padronizados de culturas, permitindo ao usuário inserir, organizar e armazenar dados de cultura, solos e climáticos, permite a calibração e validação de modelos de crescimento de culturas e a avaliação de diferentes sistemas de manejo em um local (Figura 6).

Para o sistema de produção da cana-de-açúcar, o DSSAT utiliza o modelo DSSAT/CANEGRO (INMAN-BAMBER, 1991; SINGELS et al., 2008), sendo baseado no modelo CERES-MAIZE (JONES; KINIRY, 1986) e desenvolvido na África do Sul com o intuito de modelar os processos fisiológicos mais relevantes da indústria açucareira sul-africana (INMAN-BAMBER, 1991).

**Figura 6.** Representação esquemática do DSSAT/CANEGRO, como módulo inserido no DSSAT.



**Fonte:** Singels et al. (2008).

Na modelagem, o DSSAT trabalha com alguns módulos específicos nas simulações como o módulo de clima/tempo, o qual faz a leitura ou geração de dados diários, principalmente de temperatura máxima ou mínima, radiação solar e precipitação. No módulo de solo, o perfil é unidimensional - horizontalmente homogêneo - e constituído por diferentes camadas verticais (JONES et al., 2003). Ele

integra informações de quatro submódulos: água no solo, temperatura do solo, carbono e nitrogênio no solo e dinâmica do solo.

Por basear-se na modelagem de processos, além de permitir a estimativa da produtividade, também permite conhecer como se deu o desenvolvimento da cultura ao longo do ciclo de cultivo, pois considera desde variáveis biométricas até aspectos envolvendo o consumo de água, o balanço hídrico no solo e a ciclagem de nutrientes, notadamente o nitrogênio (JONES et al., 2007). Singels et al. (2008) apresentam as principais características do DSSAT/CANEGRO, baseando-se em descrições fisiológicas do crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, incluindo fenologia, desenvolvimento do dossel, perfilhamento, acúmulo e particionamento de biomassa, crescimento de raízes, estresse hídrico e acamamento da cultura.

O modelo requer como dados de entrada, parâmetros de solo - capacidade de campo, ponto de murcha e profundidade do solo - e, também, parâmetros meteorológicos - radiação solar, temperaturas do ar máximas e mínimas e precipitação. Dados de umidade relativa e velocidade do vento podem ser inseridos, porém não se apresentam como essenciais (JONES et al., 2003).

Singels et al. (2008) descreveram as principais características do modelo DSSAT/CANEGRO, que seguem: a emergência do perfilhamento primário é simulada quando um período específico de tempo térmico foi acumulado a partir do plantio; o início do crescimento de colmos é simulado quando um período específico de exigência térmica é atingido a partir do perfilhamento primário. O pico de perfilhamento ocorre após um período de tempo térmico acumulado desde a emergência. Na modelagem, a fase de perfilhamento dura desde a emergência dos primeiros perfilhos até o pico de perfilhamento, enquanto que o crescimento dos colmos ocorre desde o início do crescimento até a colheita. A fase de senescência de perfilhos é modelada após o pico de perfilhamento até a colheita. No DSSAT/CANEGRO o florescimento não é modelado.

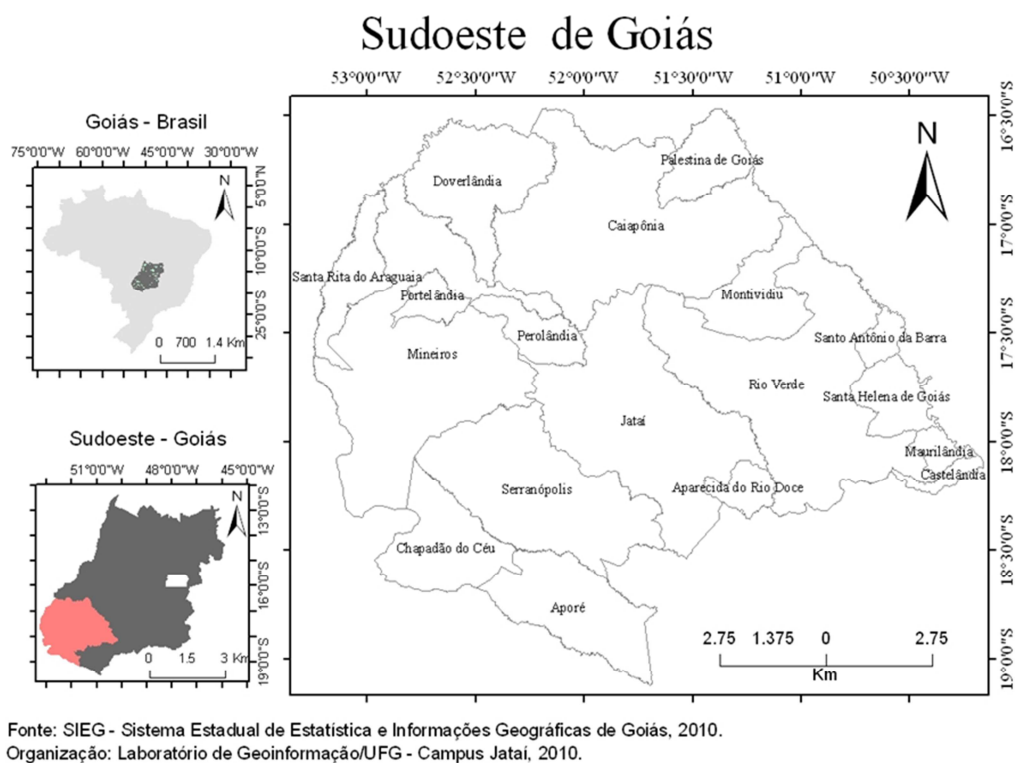
### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O material está apresentado na forma de uma descrição geral da área de estudo – localização, clima, vegetação e solos; os métodos estão apresentados na forma de procedimentos metodológicos utilizados para cada etapa da elaboração da pesquisa.

#### **3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **3.1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

A microrregião sudoeste do Estado de Goiás (Figura 7) esta localizada entre os paralelos 16°27' e 19°15'S e os meridianos 53°12' e 50°12'W, representada pelos municípios de Aparecida do Rio Doce; Aporé; Caiapônia; Chapadão do Céu; Castelândia; Doverlândia; Jataí; Maurilândia; Mineiros; Montividiu; Palestina de Goiás; Perolândia; Portelândia; Rio Verde; Santa Helena de Goiás; Santa Rita do Araguaia; Santo Antônio da Barra e Serranópolis, totalizando 49.264 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 14,5% da área estadual (IBGE, 2012).



**Figura 7.** Localização geográfica da área de estudo.

### 3.1.2 CLIMA

O sudoeste de Goiás possui clima tropical de savana, na classificação de Köppen, caracterizada como Aw, com chuvas de outubro a abril e seca de maio a setembro. A temperatura média anual oscila entre 21° e 23°C; a média anual pluviométrica varia entre 1.250 e 2.000 mm (GUERRA et al., 1989; ASSUNÇÃO et al., 1999).

### 3.1.3 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal dominante no sudoeste de Goiás é o Cerrado, composto, predominantemente, por formações savânicas, que ocupam cerca de 70% dos 2 milhões

de km<sup>2</sup> da área caracterizada como Cerrado. Dentre os domínios vegetais no Cerrado, encontram-se diferentes fitofisionomias que incluem formações florestais, com a predominância de espécies arbóreas, formações campestres, em que o estrato herbáceo e arbustivo é predominante, e as formações savânicas, compostas por arbustos e árvores dispersos sobre um estrato graminoso (RIBEIRO & WALTER, 2008). Esta diversidade é determinada pela fertilidade do solo, irregularidade dos regimes pluviométricos, características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade) e pela ação humana, a qual reflete nas maiores alterações da vegetação do Cerrado (COUTINHO, 2000).

O principal fator que tem ameaçado a manutenção das áreas de Cerrado são as atividades agrícolas. Para ter-se uma ideia do que a produção agropecuária representa em áreas de desmatamento, de 2006 a 2007, esta foi de 2.860 km<sup>2</sup> e, entre os municípios do sudoeste de Goiás, Caiapônia, Chapadão do Céu, Mineiros e Santa Rita do Araguaia foram os que apresentaram as maiores áreas desmatadas nos anos de 2003 a 2007 (FERNANDES et al., 2009 apud MALHEIROS e HANAI, 2010).

Com a atual expansão da ocupação agrícola do Cerrado e com o aumento na demanda por biocombustíveis é impossível negar o conflito de uso/ocupação entre a produção de alimentos e de energia. Portanto, com este novo cenário, acredita-se que o Cerrado poderá sofrer novos desmatamentos, comprometendo assim as reservas em biodiversidade remanescentes.

#### **3.1.4 SOLOS**

O sudoeste de Goiás apresenta extensos chapadões, modelados em arenitos, basaltos e sedimentos detríticos lateríticos, cujos solos, em grande parte, são resultantes da decomposição desses materiais geológicos. Em geral, nas chapadas e interflúvios, ocorrem os Latossolos Vermelhos aluminoférricos, em Associação com os Latossolos Vermelhos distroférricos. Nos vales, nas planícies aluviais e encostas podem ocorrer os Argissolos, os Hidromórficos, os Cambissolos, os Neossolos Litólicos e outros com menor expressão espacial. Os Neossolos Quartzarênicos estão presentes em situações de

relevo diversas, associados aos arenitos (GUERRA et al., 1989; conforme classificação de solos da EMBRAPA, 2006).

Segundo Lopes (1984) e Macedo (1996), as principais classes de solos do sudoeste de Goiás, ao nível de ordem, são os Latossolos, que ocupam 48,8%, os Neossolos Quartzarênicos, com 15,2%, os Argissolos, com 15,1%, os Neossolos Litólicos, com 7,3%, os Plintossolos, com 6,0%, os Cambissolos, com 3,0%, os Plintossolos Pétricos concrecionários, com 2,8%, os Gleissolos, com 2,0% e os Nitossolos, com 1,7% (conforme classificação de solos da EMBRAPA, 2006).

### **3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para identificar as usinas instaladas e as que estão em fase de instalação no sudoeste de Goiás, foi levantado o número de usinas através de dados coletados em órgão nacional, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e estaduais, como a Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás (SEPLAN-GO), a Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas (SEPIN-GO), o Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás (SIFAEG) e o Sindicato da Indústria de Fabricação de Açúcar do Estado de Goiás (SIFAÇÚCAR). Foram identificadas e localizadas 12 usinas instaladas ou em fase de instalação no sudoeste de Goiás, quais sejam: a Usina Decal, em Rio Verde, a Energética Serranópolis, em Serranópolis, a ETH Morro Vermelho, em Mineiros, a ETH Perolândia, em Perolândia, a Usina Floresta, em Santo Antônio da Barra, a Usina Nardini Agroindustrial, em Aporé, a Usina Porto das Águas, em Chapadão do Céu, a Usina Jataí do grupo Raízen, em Jataí, a Usina de Açúcar e Álcool Jataí, em Jataí, a Usina de Açúcar e Álcool Santa Helena, em Santa Helena de Goiás, a Usina Serra do Caiapó, em Montividiu e a Usina Vale do Verdão, em Turvelândia, com áreas utilizadas também em Castelândia e Maurilândia. Devido a motivos de confidencialidade, a Usina Nardini Agroindustrial, em Aporé e a Usina de Açúcar e Álcool Jataí, em Jataí, não forneceram as coordenadas geográficas de localização, apesar da última apresentar apenas área plantada com cana no município de Jataí. Para obtenção das coordenadas geográficas, via informação dos usineiros, aplicaram-se questionários, porém, para as usinas de Açúcar e Álcool Santa Helena, Serra do Caiapó, Decal e Jataí, grupo Raízen utilizou-se o GPS.

Para comparar as produtividades da cana-de-açúcar, esperada (simulada) e a obtida (observada a campo), foi feito um levantamento dessas informações nas usinas por meio do preenchimento do questionário (APÊNDICE A). A maioria das usinas optou por não participar da pesquisa. Assim, a pesquisa concentrou-se em cinco usinas: Usina de Açúcar e Álcool Santa Helena, Usina Serra do Caiapó, Usina Decal, Usina Jataí e Usina Energética Serranópolis. Duas empresas responderam na íntegra ao questionário utilizado para a pesquisa; foram elas: a Usina Decal e a Usina Energética Serranópolis. A Usina Santa Helena de Goiás, a Jataí e a Serra do Caiapó responderam parcialmente.

Foram feitas visitas técnicas em três usinas: Usina Jataí grupo Raízen, em Jataí, Usina Serra do Caiapó em Montividiu e Usina de Açúcar e Álcool Santa Helena, em Santa Helena de Goiás, no intuito de ampliar as informações sobre a cultura da cana-de-açúcar, quanto à época de plantio/colheita na região, variedades plantadas, exigências de clima e solo, área plantada e colhida, produtividade, áreas próprias, arrendadas e de fornecedores e produção de açúcar e/ou etanol.

Para localizar e mapear as áreas cultivadas com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás, no ano de 2011, após a obtenção das coordenadas geográficas das usinas foi traçado um raio de 50 km, identificando-se as áreas de canaviais. Nesta etapa foram de fundamental importância, as informações fornecidas pelas usinas como a quantidade de áreas cultivadas. Foram analisadas imagens orbitais, composições coloridas RGB do Landsat 5, anos base de 2001, 2006 e 2011, compostas pelas bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, cenas órbita/ponto identificadas como 222-72, 222-73, 223-71, 222-72, 222-73, 224-71, 224-72 e 224-73. Os softwares utilizados foram o ERDAS Imagine 8.6 e o ArcGis 9.3.

Especificamente, para tratamento das imagens foi utilizado o software ERDAS Imagine 8.6, onde as imagens foram: 1) agrupadas, gerando a composição colorida 3R 4G 5B; 2) ortorretificadas, utilizando-se, também, imagens do Landsat 7, de 2002 e cartas topográficas do IBGE na escala 1:100.000 com pontos de controle, sendo reprojctadas para o Geografic Cordinate System, Datum SAD 69, zona 22 Sul; 3) classificadas, de forma não supervisionada, onde foram criadas 100 classes. A classificação foi feita utilizando-se pontos de aferição a campo. Na sequência, 4) foi feito o agrupamento dos pixels com o mesmo valor, obtendo-se oito classes de cobertura do solo. As áreas de agricultura foram digitalizadas separadamente, no



software ArcGis 9.3 e, posteriormente, incorporadas à classificação, obtendo-se assim as seguintes classes:

- Mata: floresta seca, floresta úmida e cerrado;
- Cerrado: cerrado, campo cerrado;
- Campo: campo sujo, campo úmido, campo limpo e campo rupestre;
- Corpo d'água: rios, córregos, lagos e lagoas;
- Pastagens;
- Cana-de-açúcar;
- Agricultura: soja, milho, algodão e outros;
- Não classificado: sombra de encosta e nuvem.

Ainda, utilizando-se o software ERDAS Imagine 8.6, após a classificação, a imagem foi filtrada utilizando-se o método do Nearest Neighborhood (vizinho mais próximo, na malha de 3x3 pixels), eliminando-se os pixels com valores isolados e dispersos nas classes determinadas.

Na sequência, o arquivo em formato Raster foi transformado em formato Vetorial, sendo então, realizados os cálculos das áreas em hectares (ha) e seus perímetros.

A partir da classificação de 2011, foi feita uma sobreposição das áreas de cana-de-açúcar nas imagens de 2001 e 2006, também classificadas, criando-se assim, um perfil temporal de cobertura e uso das áreas ocupadas pela cana na microrregião sudoeste de Goiás, bem como a quantificação das classes de solos de ocorrência da mesma.

É importante ressaltar que, devido a fatores técnicos como cobertura de nuvens nas imagens, resposta espectral das coberturas do solo - dadas as diferentes fases de desenvolvimento das culturas, como plantio, colheita, queima da palha -, deve-se considerar uma variação na quantificação das áreas - margem de erro-, obtidas no mapeamento, em torno de 5%.

Para simular a produtividade da cana-de-açúcar, cultivada nas principais classes de solos e dados de levantamentos climáticos do sudoeste de Goiás, utilizou-se o modelo DSSAT - Sistema de Suporte à Decisão e Transferência de Agrotecnologia -, o qual foi calibrado com os dados de solo e clima da microrregião. Para obtenção da base de dados climáticos, foram coletados dados de temperaturas, umidade relativa, ponto de orvalho, pressão, vento, radiação e chuva, na escala diária, cedidos pelas Estações Meteorológicas, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no

período de 2007 a 2011, dos municípios do sudoeste e vizinhos que possuem estação meteorológica dentro da rede: Caiapônia, Cassilândia, Jataí, Mineiros, Paraúna e Rio Verde. Para a criação de arquivos climáticos no DSSAT, foi necessário importar as planilhas tabuladas no Excel e inseri-las no módulo Weatherman (SINGELS et al., 2008).

Os dados de solos foram obtidos do PROJETO RADAMBRASIL, v. 31, folha SD. 22, (1983) e extraídos dos perfis descritos neste manual na escala de 1:1.000.000, consistindo nas seguintes características: horizontes, profundidades, silte, argila, pH, concentração e porcentagem de alguns elementos e compostos químicos, % de carbono orgânico, nitrogênio, matéria orgânica e  $\text{Ca}^{+2}\text{KCl}$ ,  $\text{Mg}^{+2}\text{KCl}$ ,  $\text{K}^+\text{HCl}$ ,  $\text{Al}^{+3}\text{KCl}$ . Para a criação de arquivos de solos no DSSAT foi necessário editar os perfis no módulo Soil data (SINGELS et al., 2008).

As simulações foram testadas para as classes: Latossolo Vermelho distroférico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho aluminoférico e Neossolo Quartzarênico.

O modelo DSSAT/CANEGRO utiliza de alguns parâmetros na forma de equações para simular o desenvolvimento da cana. Segue abaixo as principais equações do modelo.

O método de índice de área foliar é derivado do desenvolvimento de folhas individuais e perfilhos baseado no tempo térmico. Este método simula o desenvolvimento de folhas individuais e perfilhos, onde a área foliar de cada perfilho é extrapolado para o nível de dossel pela multiplicação da área foliar individual pelo número de perfilhos por unidade de área.

A expansão foliar é calculada através da taxa de expansão da planta (equação 1)

$$\text{PER} = \text{SWDF2} * \text{dPERdT} * \text{MAX} * (\text{TMEAN} - \text{TBASEPER}) * 24/10 \quad (1)$$

Em que: PER é a taxa de expansão da planta ( $\text{cm dia}^{-1}$ ), SWDF2 é o fator de estresse hídrico para expansão da planta (adimensional), dPERdT é a taxa de extensão da planta sem estresse hídrico ( $\text{mm } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), MAX é o perfilhamento máximo ( $\text{colmos m}^{-2}$ ), TMEAN é a temperatura média diária ( $^\circ\text{C}$ ) e TBASEPER é a temperatura base para extensão da planta ( $^\circ\text{C}$ ).

A densidade de população é simulada utilizando alguns parâmetros que determinam a taxa de perfilhamento sem déficit hídrico e a senescência em função do

tempo térmico. Estas simulações são diretamente afetadas pelo espaçamento de plantio e por estresse hídrico ocorrido na cultura (SINGELS et al., 2008).

Já o crescimento de colmo (SHGT) e dossel (CANHEIGHT) são simulados através das equações 2 e 3, respectivamente, descritas por Singels et al. (2008) onde são utilizados os seguintes parâmetros.

$$\text{SHGT} = \text{SHGT} + (\text{PER} * \text{PERcoeff}) \quad (2)$$

Em que: SHGT é a altura do colmo (cm), PER é a taxa de expansão da planta (cm dia<sup>-1</sup>) e PERcoeff é a fração do crescimento da planta atribuído ao alongamento do colmo (adimensional).

$$\text{CANHEIGHT} = (\text{SHGT} + \text{LMAX} (\text{LFN} (1)) * \text{CHT Coeff}) / 100 \quad (3)$$

Em que: CANHEIGHT é altura do dossel (cm), SHGT é a altura do colmo (cm), LMAX(LFN(1)) é comprimento da maior folha do primeiro grupo de perfilhos (cm) e CHTCoeff é o coeficiente de determinação da altura do dossel em função da altura do colmo e numero de folhas (cm.cm<sup>-1</sup>).

O modelo DSSAT/CANEGRO também simula o acúmulo de biomassa e particionamento de fotoassimilados, descritos por Singels e Bezuidenhout (2002) em que o modelo calcula o incremento diário na biomassa total utilizando a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e eficiência de conversão (PARCE, g MJ<sup>-1</sup>) de acordo com a equação 4, onde Rm é a taxa de respiração de manutenção. A eficiência de conversão da PAR e a respiração de manutenção são dependentes da temperatura.

$$\text{Dtot} / \text{dt} = (1 - \text{RespGcf}) * (\text{PARCE} * 10^{-6} * \text{IPAR} - \text{Rm} * \text{TOT}) * \text{SWDF1} \quad (4)$$

Em que: dTOT/dt é o incremento diário na biomassa total (t ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), RespGcf é o coeficiente de respiração para o crescimento (t t<sup>-1</sup>), PARCE é a eficiência da conversão da radiação fotossinteticamente ativa (g MJ<sup>-1</sup>), IPAR é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (MJ ha<sup>-1</sup>), Rm é a taxa de respiração de manutenção (adimensional), TOT é o tamanho da cultura (t ha<sup>-1</sup>) e SWDF1 é o nível de estresse hídrico da cultura (adimensional).

O crescimento radicular tem um algoritmo expresso em termos de extensão da profundidade de raízes, bem como o aumento da massa radicular e do comprimento das raízes por camada de solo.

O modelo DSSAT/CANEGRO gerou simulações de produção para o ano-safra 2008/2009. Uma observação a ser feita, é que o modelo CANEGRO simula apenas para a cana de 1º plantio. O modelo foi calibrado com os dados experimentais locais dos municípios (dados meteorológicos das estações obtidas junto ao INMET, classes de solos obtidas do RADAMBRASIL (1983) e dados coletados das usinas como: variedades, época de plantio e colheita, densidade e espaçamento de plantio), o que resultou em diferentes estimativas de produção, de acordo com as variações edafoclimáticas entre os municípios analisados (Rio Verde e Serranópolis). Nas simulações foi desconsiderado o estresse hídrico e o uso de fertilizantes e defensivos. Como método para seleção dos resultados, utilizou-se o subjetivo, com base na experiência e bom senso, ou seja, através da comparação das estimativas do modelo com dados obtidos (observados) em condições de campo, buscou-se descartar resultados extremos e muito improváveis de ocorrerem.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 USINAS INSTALADAS E A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SUDOESTE DE GOIÁS**

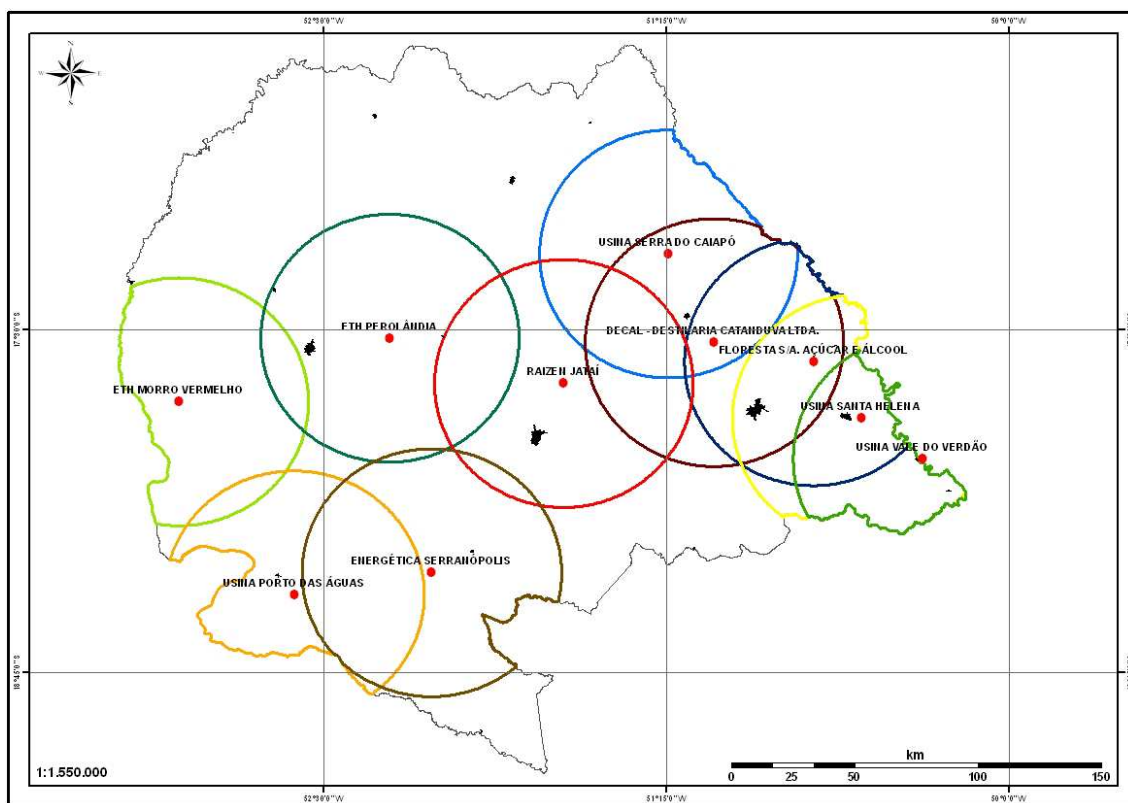
Segundo dados do INPE/CANASAT (2012), no ano-safra 2011/2012, 10 municípios apresentam mais de 5.000 ha de área cultivada com cana, são eles: Aporé, Chapadão do Céu, Jataí, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Rio Verde, Santa Helena, Santo Antônio da Barra e Serranópolis e destes, Chapadão do Céu, Jataí, Maurilândia, Mineiros, Rio Verde, Santa Helena e Serranópolis apresentam áreas maiores que 10.000 ha.

Até o ano de 2011, 11 municípios possuíam instalações industriais processadoras de cana-de-açúcar (Tabela 6; Figura 8).

**Tabela 6.** Localização das usinas sucroalcooleiras do sudoeste de Goiás.

<b>Município</b>	<b>Usina sucroalcooleira</b>	<b>Coordenada geográfica</b>
Aporé	Nardini Agroindustrial Ltda	Sem informação
Chapadão do Céu	Usina Porto das Águas, grupo Cerradinho Açúcar e Alcool S.A.	18°27'57"S e 52°36'26"W
Jataí	Usina Jataí, grupo Raízen	17°41'45"S e 51°37'30"W
Mineiros	Usina Morro Vermelho, grupo Odebrecht	17°45'45"S e 53°1'39"W
Montividiu	Destilaria Serra do Caiapó	17°13'24"S e 51°14'35"W
Perolândia	Usina Perolândia, grupo Odebrecht	17°31'50"S e 52°15'32"W
Rio Verde	Decal - Destilaria Catanduva	17°32'47"S e 51°4'34"W
Santa Helena de Goiás	Usina Santa Helena de Açúcar e Alcool, grupo Naoum	17°49'20"S e 50°32'20"W
Santo Antônio da Barra	Usina Floresta S/A - Açúcar e Alcool	17°36'59"S e 50°42'50"W
Turvelândia	Usina Vale do Verdão	17°58'12"S e 50°19'0.3"W
Serranópolis	Energética Serranópolis	18°23'8"S e 52°6'23"W

**Fonte:** Usina Porto das Águas, Usina Centro-Oeste, Usina Morro Vermelho, Destilaria Serra do Caiapó, Usina Perolândia, Decal - Destilaria Catanduva, Usina Santa Helena de Açúcar e Alcool, Usina Floresta S/A - Açúcar e Alcool, Usina Vale do Verdão e Energética Serranópolis (2011).



**Figura 8.** Localização das usinas sucroalcooleiras e seus respectivos raios de 50 km.  
**Fonte:** INPE (2012). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

Dos 246 municípios do estado de Goiás, no ano-safra 2011/2012, 65 municípios cultivaram mais de 1.000 ha de cana e 27 municípios tiveram uma expansão de mais de 1.000 ha. De toda a área cultivada (732 mil ha), o sudoeste representa 172 mil ha (23,5%) (INPE/CANASAT, 2012).

Porém o mapeamento no sudoeste de Goiás, das áreas de cana-de-açúcar de 2011 revelou que a área cultivada com cana é 91.549 ha a mais do que o informado pelo CANASAT, ou seja, a área total é de 263.549 ha, portanto 36% da área cultivada com cana no Estado. Os resultados indicam que os municípios que apresentam áreas superiores a 5.000 ha cultivados são: Apuré - com 2,3% da área total da microrregião, Castelândia - 4,3%, Chapadão do Céu - 13,7%, Jataí - 5,2%, Maurilândia - 9,2%, Mineiros - 19,7%, Perolândia - 3,2%, Rio Verde - 6,2%, Santa Helena de Goiás - 24%, Santo Antônio da Barra - 3% e Serranópolis - 6,7%.

Entre os municípios do sudoeste de Goiás, no ano-safra 2003/2004, apenas Maurilândia e Santa Helena de Goiás apresentavam áreas expressivas de cana, 8.780 ha e 22.262 ha respectivamente. No ano-safra 2009/2010 houve aumento de área plantada e de municípios produtores, com 13 municípios apresentando área cultivada com cana

maior que 1.000 ha: Aporé, Castelândia, Chapadão do Céu, Jataí, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Perolândia, Portelândia, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santo Antônio da Barra e Serranópolis. Na Tabela 7, estão os valores de área cultivada com cana entre os anos-safra 2005/2006 e 2011/2012.

**Tabela 7.** Área cultivada (ha) nos municípios produtores de cana-de-açúcar do sudoeste de Goiás nas safras de 2005/06 a 2011/12.

<b>Municípios/Safras</b>	<b>2005/06</b>	<b>2006/07</b>	<b>2007/08</b>	<b>2008/09</b>	<b>2009/10</b>	<b>2010/11</b>	<b>2011/12</b>
Aparecida do Rio Doce	-	-	-	-	556	556	556
Aporé	-	-	-	409	2.314	4.335	6.074
Castelândia	2.459	2.406	2.039	2.521	3.931	4.047	4.784
Chapadão do Céu	-	-	-	1.911	8.343	15.436	19.203
Jataí	-	-	-	268	4.096	11.317	16.878
Maurilândia	13.029	12.474	12.451	13.801	13.718	12.579	13.379
Mineiros	-	-	-	2.707	15.361	23.569	31.140
Montividiu	-	-	-	2.896	4.229	5.288	5.990
Perolândia	-	-	-	-	1.987	2.283	2.340
Portelândia	-	-	-	274	1.254	1.254	1.250
Rio Verde	1.502	1.463	2.487	7.431	9.858	14.385	17.454
Santa Helena de Goiás	28.705	31.122	35.012	37.404	37.300	36.674	36.743
Santa Rita do Araguaia	-	-	-	-	-	-	802
Santo Antônio da Barra	-	-	102	293	2.247	3.549	4.926
Serranópolis	-	2.313	3.921	7.116	8.576	9.669	11.267

**Fonte:** INPE-CANASAT (2012).

Na Tabela 8 segue a relação expansão/renovação de canaviais entre os municípios do sudoeste de Goiás, de acordo com os dados do INPE/CANASAT (2012) entre as safras 2005/2006 e 2011/2012. Pode-se observar que na safra 2005/2006 o município com maior expansão em relação à renovação dos canaviais foi Rio Verde. As

expansões se intensificaram após o ano-safra de 2007/2008, com destaque na safra 2010/2011 nos municípios de Chapadão do Céu onde a área de expansão era de 7.044 ha enquanto de renovação era de 17 ha e Jataí onde a área de expansão era de 7.055 ha e de renovação apenas 8 ha. Na safra 2011/2012 o município que se destacou foi Mineiros com uma área de expansão de 7.722 ha e 46 ha de renovação.

**Tabela 8.** Relação expansão/renovação de canaviais entre os municípios produtores de cana do sudoeste de Goiás entre as safras 2005/2006 e 2011/2012.

Municípios/Safras	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
Aporé	-	-	-	-	-	-	9.62
Castelândia	3.00	1.78	0.45	2.59	3.10	1.91	1.91
Chapadão do Céu	-	-	-	-	-	414.35	-
Jataí	-	-	-	-	-	881.87	-
Maurilândia	1.69	0.86	0.82	1.41	0.38	0.53	2.66
Mineiros	-	-	-	-	-	-	167.86
Montividiu	-	-	-	-	-	-	4.05
Perolândia	-	-	-	-	-	-	0.43
Rio Verde	6.11	-	-	11.28	7.85	4.46	8.17
Santa Helena de Goiás	1.44	1.42	1.33	1.20	0.19	0.30	0.31
Serranópolis	-	-	-	18.73	-	2.76	12.27

**Fonte:** INPE-CANASAT (2012).

A Figura 9 apresenta a área cultivada com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás no ano de 2011. Sabendo-se que a área agrícola de suprimento de cada usina não necessariamente se limita ao município sede, e que não foram todas as usinas que participaram da pesquisa, portanto as discussões de classes, cobertura e uso do solo limitam-se por município e não por área de usina.

É importante ressaltar que devido a fatores técnicos como nível de cobertura de nuvens das imagens, resposta espectral das coberturas do solo (a exemplo das diferentes condições agrícolas que as culturas estão dispostas – plantio, colheita, queima da palha), deve-se considerar para este trabalho, uma margem de erro de 5% na quantificação das áreas obtida através do mapeamento.

A resposta espectral da cobertura do solo é relevante para o mapeamento das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, por isso tornam-se necessárias algumas explicações:

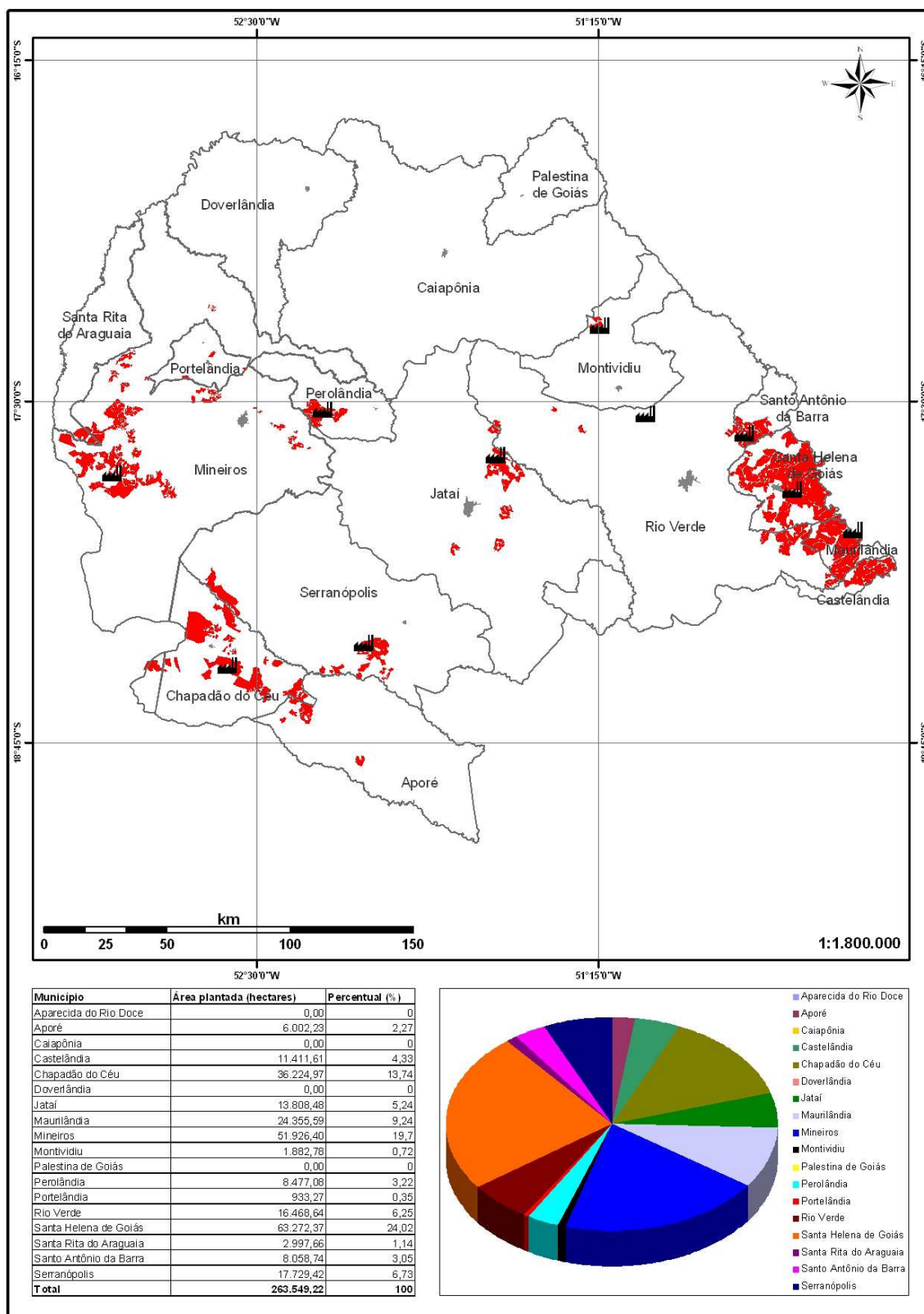
Segundo Rudorff et al. (2010) é importante descrever as características relevantes da cana de interesse para o sensoriamento remoto, tais como: ciclo de crescimento, colheita e expansão do cultivo.



Ciclo de crescimento: um aspecto fundamental é o fato de que a cana é uma cultura semi-perene (começa com o plantio de uma muda que cresce cerca de 12 meses (cana de ano) ou 18 meses (cana de ano e meio), atinge seu crescimento máximo em abril, seguido por uma safra que se estende até dezembro na região Centro-Sul. Portanto, a longa permanência da cultura no campo aumenta a chance de aquisição de imagens livres de nuvens, que é fundamental para o mapeamento das áreas cultivadas, o acompanhamento da colheita e avaliação da dinâmica no uso da terra.

Colheita: na região Centro-Sul do Brasil se estende de abril a dezembro e é realizada de duas maneiras: manualmente ou mecanicamente. Para a colheita manual, a cana é queimada antes do corte do caule, a fim de eliminar a palha, tornando a colheita mais fácil. Para a colheita mecânica, a queima da palha é desnecessária já que a máquina corta caules e despalha. A grande maioria das áreas de cana na região Centro-Sul está localizada em terrenos com declives  $\leq 12\%$ , permitindo a colheita mecânica. Segundo Rudorff et al. (2010), áreas onde a colheita é processada pela queima da palha tem tons escuros nas imagens devido à presença de cinzas e solo nu, enquanto as áreas onde a cultura é colhida sem queima da palha aparecem brilhantes devido à presença de resíduos, compostos principalmente de folhas secas, porém o tempo decorrido entre a colheita e a aquisição da imagem pode influenciar a precisão da classificação, por exemplo, do tipo de colheita.

Expansão do cultivo: representa a mudança no uso da terra causada pela expansão recente e significativa da cana, e pode ser avaliado a partir de imagens de sensoriamento remoto gravado anteriormente para as plantações de cana e/ou através de sobreposição de áreas cultivadas com cana-de-açúcar sobre mapas de uso/ocupação do solo. Esta avaliação permite localizar e quantificar as áreas de pastagens, de produção de alimentos, vegetação natural e reflorestamento, que foram convertidos em plantações de cana.



**Figura 9.** Área cultivada com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás no ano de 2011.  
 Fonte: INPE (2012). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

## **4.2 FATORES ATRATIVOS A INSTALAÇÃO DE USINAS NO SUDOESTE DE GOIÁS**

### **4.2.1 ARRENDAMENTO**

Na microrregião sudoeste de Goiás, vem aumentando a prática do arrendamento de terras pelas usinas que estão se instalando, devido à falta de experiência dos produtores rurais com esta cultura e pela necessidade das usinas terem uma determinada quantidade de matéria-prima garantida para o processamento industrial.

Quanto ao regulamento dos contratos, os de arrendamento são orientados pelo ciclo da atividade de produção de cana-de-açúcar. No mínimo, um contrato de arrendamento deve contemplar um ciclo produtivo de cinco safras ou de cinco cortes, porém, existem contratos de dez, de quinze e até de vinte anos. Isso porque na microrregião sudoeste existe uma disputa intensiva da terra pela possibilidade de várias atividades agrícolas, o que se percebe um movimento das usinas para os contratos de arrendamento com longo período de duração.

Outro fator de incentivo a expansão através do arrendamento da cana em Goiás é o valor do arrendamento das terras no Estado, que é mais baixo do que, por exemplo, o do arrendamento para o cultivo de cana-de-açúcar em São Paulo.

As vantagens a cerca da fertilidade do solo comparada entre áreas de agricultura e de pastagem, reflete no tempo de vigência e nos valores pagos nos contratos de arrendamento feito entre usina e o proprietário da terra. Portanto, as usinas têm feito contratos diferenciados entre sojicultores e pecuaristas. Para os sojicultores, o tempo de vigência do contrato é em torno de 6 anos e o valor pago em ha/ano esta em torno de 10 sacas de soja ou 20 t de cana. Para o pecuarista, o tempo de vigência é em torno de 15 anos e o valor pago esta em torno de 8 sacas de soja ou 12 t de cana. O fato do tempo de vigência dos contratos com os sojicultores serem inferiores aos dos pecuaristas demonstra a insegurança da usina quanto aos preços do grão no mercado internacional, o que comprometeria os orçamentos planejados para arrendamento, preferindo o contrato máximo de cinco anos, equivalente a um ciclo quinquenal de cortes. Este argumento é dito pelos sojicultores no caso de elevação dos preços da commodity, onde

valeria a pena plantar soja ao invés de arrendar as terras ao setor canavieiro (FELTRAN-BARBIERI, 2009).

É importante salientar que os preços das terras não são suficientes para escolha das áreas se não houver logística que permita acesso físico. Neste sentido, os custos de implantação dos canaviais são mais baixos em áreas de agricultura comparadas a áreas de pastagens, fato que reflete em maior valor pago entre sojicultores do que entre os pecuaristas. E entre as áreas de agricultura, a diferença paga se baseia na distância da indústria, enquanto nas áreas de pasto, além da distância, as qualidades pedológicas se torna um parâmetro significativo nos valores a serem estipulados nos arrendamentos.

Outra forma de estabelecer contratos é através do fornecimento de cana pelos proprietários de terras às usinas. Os contratos de fornecimento são mais maleáveis. O tempo é determinado não pelo ciclo produtivo, caso dos arrendamentos, mas pela safra agrícola. Ou seja, os contratos de fornecimento podem ser modificados a cada safra agrícola, caso o produtor agrícola assim estipule nas cláusulas dos contratos.

As recomendações de várias entidades como a APMP - Associação dos Produtores de Matérias-Primas para Indústria de Bioenergia de Goiás, APG - Associação dos Produtores de Grãos, APROCANA - Associação dos Fornecedores de Cana, FAEG - Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás, é de que o produtor não pratique o arrendamento total de suas áreas, mas faça a opção do cultivo de cana-de-açúcar em mais uma fonte de renda, para que não ocorra o afastamento do produtor rural de suas atividades, desta forma, mantendo as atividades comerciais dos municípios, evitando os efeitos negativos, como concentração de renda e perda de dinamismo econômico dos municípios, como o que ocorreu em Santa Helena de Goiás com a usina Santa Helena e em Maurilândia com a usina Vale do Verdão.

Já as agroindústrias canavieiras salientam a importância de terem o controle sobre uma determinada margem de fornecimento de cana-de-açúcar para a garantia das atividades industriais, afirmando que não há como uma usina confiar no fornecimento autônomo, pois os produtores poderiam deixar de entregar a matéria-prima por inúmeros motivos, comprometendo o funcionamento industrial da empresa.

Das usinas pesquisadas em 2011, apenas a Serra do Caiapó, em Montividiu e Santa Helena, em Santa Helena de Goiás apresentam áreas expressivas de terras próprias, 4.000 ha e 7.000 ha respectivamente. A maioria das usinas instaladas no sudoeste de Goiás optou pelo arrendamento; a exemplo da Raízen, no município de Jataí, que apresentava 27.900 ha de arrendamento e 7.535 ha de fornecedores; a

Energética Serranópolis, que tinha uma área total de cana de 11.098 ha, destes 9.004 ha eram arrendadas, 1.823 ha de fornecedor; e a usina Decal, no município de Rio Verde que contava com 100% (6.354 ha) da cana processada vinda de áreas arrendadas.

#### **4.2.2 FERTILIDADE DO SOLO**

Com a monocultura da soja na região, há quase 40 anos, promove a correção dos solos, safra a safra, além da inoculação da cultura com *Rhizobium sp.*, que capacita a leguminosa a usufruir do nitrogênio assimilado por esta bactéria ao solo, enquanto as pastagens são manejadas, normalmente, a cada três anos com aplicação de calcário e ureia, fazendo com que os solos cultivados com agricultura se tornem mais atrativos devido à maior fertilidade quando comparados aos da pastagem. Esse fator aparece quando se compara os rendimentos médios dos canaviais cultivados em um ciclo de cinco anos, onde o declínio médio em áreas de pastagens chega a ser 64% superior ao das áreas de agricultura.

O custo de implantação da cana também se torna maior em áreas de pastagens do que em áreas de agricultura, devido às quantidades maiores de insumos para a correção do solo, necessárias para uma boa produtividade da cana nas áreas de pasto (FELTRAN-BARBIERI, 2009).

#### **4.2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE QUEIMADAS E IMPACTOS NA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

Rudorff et al. (2010), em um estudo sobre a expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, através de imagens de satélite, observaram que do total de cana colhida em 2008 - 3.930.000 ha -, 49,1% foi feito sem práticas de queima da palha da cana, e 50,9% foi com a prática de queima da palha antes da colheita, o que indica que as práticas de queima ainda são amplamente usadas no estado de São Paulo.

Porém, resultados obtidos de Aguiar et al. (2009), durante o ano de 2006, indicaram que 3,24 milhões de ha foram colhidas, sendo 33,5% colhidos sem queima da palha e 66,5% com a queima de palha. Comparando os resultados de Aguiar et al. (2009) e Rudorff et al. (2010), pode-se concluir que, de 2006 a 2008, a área colhida no estado de São Paulo aumentou 690.000 ha e a área queimada diminuiu 150.000 ha.

Os resultados de Aguiar et al. (2011) são mais animadores, segundo estes, no ano-safra 2010/2011, 4.577 mil ha - 96,9% - da cana disponível para colheita no estado de São Paulo estavam em campos com inclinação <12%, enquanto apenas 149 mil ha - 3,1% - estavam em campos com declividade > 12%.

Portanto, estes resultados demonstram um avanço positivo que facilita o cumprimento do Protocolo Agroambiental no Estado de São Paulo, já que, segundo Rudorff et al. (2010), o Protocolo Agroambiental pretende, gradualmente, cessar a prática da queima da palha até 2014 em áreas mecanizáveis de todo o Estado de São Paulo.

Já no estado de Goiás, em 2007, dos 6.058 focos de calor detectados em áreas de agricultura, 47,4% coincidiram com áreas mapeadas como cana-de-açúcar numa área de 1.236,5 km<sup>2</sup>, representando 0,96% do total de área cultivada com cana no mesmo ano (RIBEIRO, 2010).

A Lei nº 15.834 de 23/11/2006 dispõe sobre a redução gradativa da queima da palha de cana-de-açúcar em áreas mecanizáveis no Estado de Goiás:

Art. 1º Os plantadores de cana-de-açúcar que, utilizem como método de pré-colheita a queima da palha em áreas mecanizáveis, são obrigados a reduzir gradativamente o uso do fogo com método despalhador e facilitador do corte, nos seguintes prazos e percentuais:

I - 1º ao 5º ano (2008-2012) -10% da área cortada;

II - 6º ao 10º ano (2013-2017) - 25% da área cortada;

III - 11º ao 15º ano (2018-2022) - 50% da área cortada;

IV - 16º ao 20º ano (2023-2027) - 75% da área cortada;

V - 21º ano (2028) -100% da área cortada.

2º Para os efeitos desta Lei consideram-se áreas mecanizáveis as plantações em áreas acima de 150 ha (cento e cinquenta hectares), cujos terrenos sejam contíguos e apresentem declividade inferior a 12% (doze por cento), além de solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana.

(Lei Estadual nº 15.834 de 23/11/2006).

Portanto, a lei estabelece prazo até 2028 para que todas as áreas mecanizáveis do estado tenham colheita 100% mecanizável, sem a presença da queima da palha.

Neste sentido, a proibição da queima da palha da cana em áreas que possam ser colhidas de modo mecanizável para o Estado de Goiás apresenta um maior prazo para regulamentação - até 2028, se comparado ao prazo estabelecido para o Estado de São Paulo - até 2014, o que torna a legislação ambiental estadual de Goiás, mais um fator atrativo para a expansão da cana-de-açúcar.

Em relação aos impactos sobre a conservação da biodiversidade, é importante citar que a cultura da cana está bem próxima de unidades de conservação como o sítio arqueológico Pousada das Araras, que se localiza no município de Serranópolis, com 175 ha e o Parque Nacional das Emas, que se localiza no município de Mineiros, com 131.800 ha de área; todas as duas unidades de conservação estão cercadas por extensas áreas cultivadas com cana a uma distância média de 10 km (Figura 10).



**Figura 10.** Entrada da Pousada das Araras em Serranópolis – GO.  
**Fonte:** FRANCO, I. O. (2012).

A sobreposição do mapeamento de áreas cultivadas com cana no ano de 2011 com o de cobertura do solo de 2006 revelou expansão da cultura em áreas de Cerrado (entre mata, cerrado e campo/regeneração) como no município de Mineiros, onde foi substituída uma área de 18.768 ha, Serranópolis, 2.300 ha e Santa Rita do Araguaia, 1.900 ha, o que corresponde, respectivamente, à área total cultivada com cana em cada um destes municípios em 2011, de 36,3%, 13,0 % e 63,7 %, como se pode observar na Tabela 9.

Nestes casos, observa-se que áreas de cana-de-açúcar ampliaram em áreas que, primeiramente, foram identificadas como Cerrado. É importante ressaltar que como não

foi feita uma análise temporal entre os anos de 2006 e 2011, não é descartada a possibilidade de este Cerrado ter sido anteriormente substituído por áreas de pastagens ou de culturas agrícolas. Entretanto, outro cenário provável é de que a pastagem ou o cultivo agrícola permaneceram apenas durante um ano, evidenciando, assim, um manejo antecedente ao cultivo da cana nas áreas de vegetação natural.

Contraopondo-se ao que foi dito, Ferreira et al. (2009) afirmam que há evidências de que o avanço sucroalcooleiro já prejudicou algumas áreas de remanescentes do Cerrado da mesorregião Sul de Goiás, os quais já se encontram muito fragmentados, com pouca dimensão e isolados, principalmente, as áreas de reserva legal e de preservação permanente como, por exemplo, as matas ciliares.

**Tabela 9.** Áreas de cerrado no ano de 2006 convertidas em canaviais no ano de 2011 nos municípios do sudoeste de Goiás.

<b>Municípios</b>	<b>Cerrado</b>	
	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Aporé	940	15,60
Castelândia	102	6,60
Chapadão do Céu	842	2,33
Jataí	627	4,53
Maurilândia	180	0,74
Mineiros	18.768	36,27
Perolândia	650	7,70
Portelândia	80	8,65
Rio Verde	236	1,44
Santa Helena	399	0,63
Santa Rita do Araguaia	1.900	63,68
Santo Antônio da Barra	91	1,14
Serranópolis	2.300	12,97

**Fonte:** INPE (2012). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

#### 4.2.4 RAI0 DA USINA

Segundo Feltran-Barbieri (2009), a proximidade dos talhões até a usina é um fator decisivo dos custos logísticos de transporte da matéria-prima; além disso, para a maioria das usinas instaladas na região, um raio de 25 a 50 km determina os territórios



de cada grupo usineiro demandantes de terras, o que pode gerar certa pressão nos preços de arrendamento ou compra. A distância até as usinas das áreas cultivadas com cana-de-açúcar remete compreender ao avanço da cana em áreas de agricultura. Uma boa parcela das estradas rurais em boas condições de rodagem que dão acesso aos campos de cultivo estão nas áreas ocupadas, originalmente, por lavouras.

O mesmo autor complementa que a manutenção das estradas rurais é feita pelos próprios sojicultores, e agora também pelas usinas, a fim de viabilizar a rodagem dos caminhões graneleiros bi-articulados e treminhões, mas, sobretudo para transporte e manobra dos maquinários pesados, o que não acontece em áreas que tem como atividade principal a pecuária. Além disso, o formato essencialmente quadrangular das áreas de soja e as extensas formações tabulares de chapadas permitem que a maioria das vias seja em linha reta, o que as tornam atrativas para o setor canavieiro por abaterem substancialmente os custos do frete da cana, balizados na quilometragem percorrida.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DAS USINAS SUCROALCOOLEIRAS PESQUISADAS NO SUDOESTE DE GOIÁS**

#### **4.3.1 USINA SANTA HELENA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL S.A - GRUPO NAOUM**

A Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool S.A, sediada no município de Santa Helena de Goiás, foi a primeira fábrica de açúcar do Estado de Goiás. De acordo com Andrade (1994), foi criada a Fundação Brasil Central que, em 1944, implantou uma usina de açúcar em Santa Helena de Goiás, posteriormente vendida a uma empresa sediada no Rio de Janeiro, a Usina Central Sul Goiana, em 1954. Esta usina esteve paralisada até 1964, quando foi adquirida pelo grupo Naoum, voltando a funcionar a partir de 1969.



**Figura 11.** Entrada da usina Santa Helena de Açúcar e Álcool no município de Santa Helena de Goiás. **Fonte:** FRANCO, I. O. (2011).

A Usina Santa Helena ainda pertence ao grupo Naoum, que possui outras usinas: a Usina Pantanal de Açúcar e Álcool S/A e a Usina Jaciara S/A, ambas localizadas no município de Jaciara, no Estado de Mato Grosso. A sede do grupo fica em Anápolis, no Estado de Goiás.

Questionados os diretores, sobre os fatores que motivaram a instalação da Usina Santa Helena na região, foram citados os seguintes, em ordem crescente: 1º) melhor terra agricultável do Estado; 2º) alto índice de produtividade; 3º) topografia plana e regular.

Considerando que esta agroindústria canavieira é a mais antiga de Goiás, percebe-se que os fatores citados para a instalação assemelham-se aos que são apresentados, a partir de 2007, para os novos investimentos do setor em Goiás.

Segundo Fábio<sup>1</sup>, do total de 23.000 hectares cultivados com cana-de-açúcar no ano de 2011, a empresa mantém uma média de 31% de terras próprias e o restante das terras, 62% são arrendadas e 7% são de fornecedores, todas apresentando uma distância média da usina de 30 km.

---

<sup>1</sup> Fábio é assistente social da Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool e concedeu a entrevista em julho de 2011. Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool S/A. Rod. GO 210, km 6. Caixa Postal 43. Faz. Campo Alegre. CEP: 75920-000. Santa Helena de Goiás – GO. Fone/Fax: (64) 3614 – 9100.

A colheita se divide em manual e mecânica: 45% é feita de forma manual; 40%, mecânica, porém com queimada; o restante, 15%, é feita de forma mecânica, sem a queima (crua). Segundo Fábio, na colheita manual a usina chega a contratar cerca de 300 funcionários.

Na Tabela 10, apresenta-se a distribuição da área total entre área própria e área arrendada pela usina Santa Helena de Açúcar e Álcool. Comparando-se o tamanho das áreas utilizadas pela usina, observa-se que do ano-safra de 2003/2004 até 2006/2007, a usina teve uma expansão de 8.012 ha; da safra de 2006/2007 a 2010/2011, a usina apresentou uma ligeira oscilação, com diminuição de 1.704 ha. Apesar da retração da área plantada pela usina durante as safras de 2006/2007 a 2010/2011, observa-se que houve um aumento da participação de áreas próprias em relação às áreas arrendadas e/ou de fornecedores - a qual não aparece discriminada na tabela, mas, segundo dados obtidos pelo questionário, no ano-safra de 2010/2011 a área de fornecedores foi de 1.600 ha.

Mesmo com o aumento da área própria, destaca-se a alta participação das áreas arrendadas pela usina. Inclusive no ano-safra 2007/2008 a área arrendada era maior que a área total sobre cultivo. Este fato deve-se, segundo o entrevistado, à questão de contratos de arrendamento que estavam em fase de renovação do canavial.

**Tabela 10.** Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool: área total, área própria, área arrendada e participação das áreas (%) na área total.

Safra	AT	AP	Particip.(%) (AP/AT)	AA	Particip.(%) (AA/AT)
2003/04	16.692	3.936	24	14.956	90
2004/05	19.205	3.957	21	15.247	79
2005/06	24.709	4.182	17	20.526	83
2006/07	24.704	4.157	17	20.547	83
2007/08	21.100	4.166	20	25.266	120
2008/09	20.917	3.462	17	17.435	83
2010/11	23.000	7.682	33	15.318	67

**AT:** Área Total; **AP:** Área Própria; **AA:** Área Arrendada  
**Fonte:** Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool (2011).

A empresa participa de todo o processamento da cana-de-açúcar, do plantio à colheita, necessitando de terceiros apenas para o transporte da cana-de-açúcar até a

usina e para o produto já industrializado.

Os contratos de arrendamentos da empresa têm duração de seis anos, com cláusulas que garantem, caso a empresa tenha interesse, a prorrogação do prazo de arrendamento para mais seis anos. Segundo informações do setor administrativo, a garantia de fornecimento de matéria-prima é imprescindível para a gestão estratégica da empresa e este fato tende a ser agravado com a intensa competição pela terra na região.

Assim, a usina opta por adquirir as terras como uma maneira de garantir o fornecimento de cana e esta observação pode ser verificada através da Tabela 11 a qual mostra um aumento de 16% na participação de áreas próprias no total da usina, entre os anos-safras 2008/2009 a 2010/2011.

A safra na usina dura cerca de 7 a 8 meses, começando entre março/abril e se estendendo a outubro/novembro. A capacidade industrial da usina é de 10.000 t de cana/dia em moagem, podendo expandir, caso haja a necessidade, para 12.500 t. A capacidade de fabricação de açúcar é de 21.000 sacas de 50 kg por dia e 320 m<sup>3</sup> de álcool anidro ou hidratado por dia. Portanto, a usina tem um mix produtivo que privilegia a produção de açúcar.



**Figura 12.** Pátio da Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool no município de Santa Helena de Goiás. **Fonte:** FRANCO, I. O. (2011).

Segundo Fábio, a produtividade da usina é alta e atinge média maior do que 100 t.ha<sup>-1</sup>. O fator que favorece os altos índices de produtividade é a localização da usina em faixa de terras de excelente qualidade, ainda com uma topografia que favorece a

mecanização das lavouras. Segundo o assistente social, a usina processou no ano-safra 2009/2010 2.174.000 t de cana com uma produtividade média de 130 a 140 t.ha<sup>-1</sup> para cana de ano e meio e média de 91,6 t.ha<sup>-1</sup> para cana de ano.

#### **4.3.2 USINA SERRA DO CAIAPÓ**

A Usina Serra do Caiapó foi fundada em 27 de abril de 2006 e sua inauguração aconteceu em 5 de junho de 2008. Esta usina fica localizada no município de Montividiu. A usina possui capacidade de moagem para 1 milhão de t de cana e processamento de 85 milhões de litros de etanol por safra. Segundo informações da empresa, o plantio da cana-de-açúcar iniciou em julho de 2006, numa área de 3.560 ha. A usina possui uma área de cultivo de 5.100 ha, sendo 3.600 ha de área própria, deste total, 1.500 ha de cana irrigada com vinhaça, todas em um raio de 28 km; além disso, teve 700 ha de expansão no ano de 2011.

Quanto à questão de fornecimento de cana-de-açúcar por produtores autônomos, a usina utilizou no primeiro ano-safra de 2008/2009, 16,7 % desta modalidade. Segundo o Sr. Indiomar<sup>2</sup>, não existem terras disponíveis na região para o arrendamento, o que força a utilização de produtores autônomos.

A intenção da usina é ter 70% de terras próprias e 30% de terras de fornecedor. Deduz-se, desta informação, que a usina tem preferência pelo controle da produção da matéria-prima. A usina adota contratos de fornecimento de produtores autônomos, sendo estes contratos caracterizados pelo condicionamento de um período de 6 anos de fornecimento, ou seja, durante o ciclo produtivo da cultura. O preço pago é o referente ao sistema Consecana (SP).

---

<sup>2</sup>Sr. Indiomar é o gerente administrativo e o <sup>3</sup>Sr. Dirceu de Carvalho é o gerente de planejamento agrícola da Usina Serra do Caiapó e concederam a entrevista em julho de 2011. Usina Serra do Caiapó S/A. Rod. GO 174, Km 62 - Fazenda Lago Azul. CEP: 75915-000 – Montividiu-GO. Caixa Postal: 18. Fone: (64) 3629-7900 - Fax: (64) 3629-7906

Os critérios para o arrendamento são a qualidade das terras, dando-se preferência para as terras já utilizadas com soja. O preço pago no ano-safra 2008/2009 foi de 12 sacas de soja/ha. A soja é tida como uma importante fonte de renda para o setor sucroalcooleiro de Goiás. Pelas informações divulgadas pelas demais usinas do setor, a soja é a cultura mais utilizada para fazer o descanso da terra pela cultura da cana, o que dura não mais que dois anos, segundo Sr. Dirceu<sup>3</sup>.

Sobre as culturas que foram substituídas pelo plantio da cana-de-açúcar, constatou-se que 90% das terras, próprias da usina, eram cultivadas com soja. Das terras de fornecedores e arrendadas, a usina informou que 85% tinham na soja sua atividade principal.

Quanto à colheita, em 2008, a usina começou a operar com 60% de cana mecanizada e a projeção é de 100%, segundo o Sr. Indiomar; no ano de 2011 mais de 90% das áreas haviam sido colhidas mecanicamente. No ano-safra 2008/2009, a usina produziu apenas etanol hidratado, utilizado na mistura com a gasolina. O etanol anidro começou a ser produzido na segunda safra em 2009/2010. Quanto ao açúcar, a usina não confirmou a sua produção. A usina tem um projeto de ampliação de sua capacidade instalada de moagem para 2,5 milhões de t de cana por safra.

No ano-safra 2008/2009, a usina moeu 300.000 t de cana, com rendimento de 130 t.ha<sup>-1</sup> e uma produção de etanol hidratado de 26.000 m<sup>3</sup>. No segundo ano-safra 2009/2010, a usina moeu 380.000 t de cana, com rendimento de 120 t.ha<sup>-1</sup> e uma produção de 36.000 m<sup>3</sup> de etanol anidro. No ano-safra de 2010/2011 a usina iria moer 550.000 t de cana, com rendimento de 110 t.ha<sup>-1</sup>, com previsão de produção de 43.000 m<sup>3</sup> de etanol anidro. Durante as três safras ocorridas, a média de produtividade de etanol por t de cana ficou em 85 l.t<sup>-1</sup>, e para a produtividade de biomassa, 180 t.ha<sup>-1</sup>.

Quanto às variedades cultivadas, as predominantes são SP701011 e RB845486, ocupando 20%; SP725053 e SP843250 ocupam, respectivamente, 15 e 10% de toda a área cultivada com cana da usina. As variedades de cana de ano são plantadas de outubro a novembro, já as canas de ano e meio são plantadas de fevereiro a março.

Os fatores que motivaram a instalação da usina na região foram os seguintes: terras férteis, clima favorável e logística boa para o escoamento da produção. Estes fatores são citados por todas as usinas analisadas neste trabalho. Além destes fatores, segundo informações da empresa, programas específicos para o setor foram considerados fundamentais para a implantação, como o apoio da prefeitura municipal

em relação às licenças municipais necessárias e, no âmbito estadual, a empresa teve acesso ao crédito do programa Produzir.

### 4.3.3 USINA JATAÍ – GRUPO RAÍZEN

Em 2007 o grupo Cosan, hoje Raízen, do setor sucroalcooleiro paulista resolveu expandir sua área de atuação para o Centro-Oeste brasileiro, especialmente para o Estado de Goiás. Selecionou-se o sudoeste de Goiás, por apresentar condições favoráveis para a produção da cana-de-açúcar. O município de Jataí foi o primeiro a ser escolhido para a implantação do complexo industrial (EIA/RIMA COSAN S/A, 2007).

Concretizou-se a decisão e, hoje, a empresa localiza-se na zona rural do município de Jataí, na sub-bacia do rio Doce, afluente do rio Claro, ambos da bacia do Paranaíba. O acesso ocorre pela rodovia GO-184 a, mais ou menos, 20 km após o núcleo urbano de Jataí (EIA/RIMA COSAN S/A, 2007), na direção de Caiapônia (Figura 13).



**Figura 13.** Usina Jataí - Raízen no município de Jataí.  
**Fonte:** FRANCO, I.O. (2011).

A indústria começou a produção no ano de 2009, numa curta safra de 77 dias, moendo 525 mil t de cana-de-açúcar, produzindo etanol hidratado e eletricidade para

cobrir as necessidades próprias. Na segunda e terceira safras, em 2010 e 2011, aumentou-se a cana-de-açúcar processada para, respectivamente, 1.500.000 e 3.350.000 t, com um aumento proporcional na produção de etanol e eletricidade. Essa produção escalonada deve-se principalmente, à multiplicação racional da cana, de acordo com o número de soqueiras para as variedades de cana-de-açúcar selecionadas para o projeto (EIA/RIMA COSAN S/A, 2007) (Tabela 11).

A usina não possui terras próprias, somente arrendadas - 27.900 ha, e de fornecedores - 7.535 ha, totalizando 35.435 ha, situação registrada até novembro de 2011, segundo o Sr. Bruno Almeida<sup>4</sup>.

**Tabela 11.** Valores de produção de produtos e subprodutos da Usina Jataí – Raízen.

<b>Capacidade da Planta</b>	<b>2009/2010</b>	<b>2010/2011</b>	<b>2011/2012</b>
Área estimada de cultivo (ha)	7.800	21.500	48.000
Capacidade da planta (com base na cana) (mt/safra)	525.000	1.500.000	3.350.000
Média diária taxa de moagem (24h) (mt/dia)	12.400	12.900	16.400
Taxa de moagem por hora (mt/h)	517	538	683
<i>Produtos</i>			
Etanol hidratado (m <sup>3</sup> /ano)	48.796	139.418	311.366
Eletricidade (para exportação) (MWh/ano)	37.648	107.567	240.233

**Fonte:** EIA/RIMA COSAN S/A (2007).

<sup>4</sup>Sr. Bruno Almeida, agrônomo responsável da Usina Jataí, grupo Raízen e concedeu a entrevista em novembro de 2011. Cosan Centroeste S/A Açúcar e Álcool. Rod. GO 406, Km 25 - À direita - Fazenda Santo Antônio do Rio Doce. CEP: 75800-970 – Jataí-GO. Caixa Postal: 342. Fone: (64) 2102-0650 - Fax: (64) 3636-0237



As principais variedades cultivadas pela usina são: SP813250, RB867515, RB855210, CTC4, SP801816, RB855536, IAC3396, RB855156, RB855453. O plantio ocorre de fevereiro a abril, e a cana irrigada, de maio a outubro. Não há plantio de novembro a janeiro. O plantio mecanizado representa 70% e a colheita, 98%.



**Figura 14.** Área industrial da Usina Jataí – Raízen no município de Jataí.

**Fonte:** FRANCO, I. O. (2011).

#### **4.3.4 USINA DECAL - DESTILARIA CATANDUVA LTDA**

A usina Decal está localizada no município de Rio Verde, fundada em 2008, é a única que se encontra em funcionamento neste município. O processamento diário da usina é em torno de 3.500 t de cana com produção de 41.670 litros de etanol/dia. A área de plantio é de 6.354 ha distribuídos em 25 propriedades. O arrendamento é utilizado pela usina há 5 anos e os valores pagos estão em torno de 14 sacas de soja/ha. Quanto à substituição de culturas nas áreas, 60% eram compostas de soja e 40% de pastagem.

O entrevistado, Sr. Enivaldo<sup>5</sup>, ao ser questionado quanto aos principais critérios para a escolha da área de instalação da planta industrial, respondeu: “foi devido ao grupo já ter propriedades na região, a disponibilidade de áreas, a fertilidade dos solos e o regime pluviométrico”.

Quanto aos critérios importantes para definição das áreas a serem substituídas, em ordem de importância, respondeu da seguinte forma: “ter sucesso na negociação com proprietários, ter expectativas de rendimentos favoráveis, ter boa fertilidade do solo, estar a um raio de 30 km da usina, ser área de lavoura, ter declividade menor que 12%, ser área de pastagem não degradada, e, como última opção, ser área de pastagem degradada”. Assim, observa-se que fatores físicos como a fertilidade do solo e a distância da usina são prioritários para escolha das áreas de cultivo da cana, assim como as áreas de pastagens, nitidamente, parecem ser refugadas pelos usineiros.

São mais de vinte, as variedades cultivadas pela usina; as que apresentam maiores áreas de cultivo são: RB867515, RB845210, SP813250, RB835486, RB72454, SP791011, IAC832210, SP832847 e SP801816. O período de plantio é de 1º de fevereiro a 15 de abril. O plantio é feito manualmente e 60% da colheita é mecanizada. A produtividade de cana-de-açúcar e de etanol em séries anuais segue na Tabela 12.

**Tabela 12.** Produtividade de cana-de-açúcar e de etanol da Usina Decal no período de 2008 a 2011.

<b>Produtividade</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Cana-de-açúcar (t/ha)	110	105	86	80
Etanol (l/t cana)	87	83	87	82

**Fonte:** Usina Decal (2012).

---

<sup>5</sup>Sr. Enivaldo é o responsável agrícola pela Usina Decal e concedeu a entrevista em setembro de 2011. Usina Rio Verde Ltda. Rod. GO 174, Km 32 - Fazenda Alvorada - Zona Rural. CEP: 75901-970 - Rio Verde-GO. Caixa Postal: 317. Fone: (64) 2104-9000 - Fax: (64) 2104-9024

#### 4.3.5 ENERGÉTICA SERRANÓPOLIS

Localizada no município de Serranópolis, no ano de 2005 retomou o cultivo em escala industrial da cana-de-açúcar, após se encontrar paralisada desde o Proálcool. A capacidade instalada de processamento da cana em 2012 é de 5.000 t de cana/dia. Questionados quanto aos critérios importantes para definição das áreas a serem substituídas, em ordem crescente de importância foram citados: ter boa fertilidade do solo, estar a um raio de 30 km da usina, ter declividade menor que 12%, ser área de lavoura, ser área de pastagem degradada, ser área de pastagem não degradada, ter expectativas de rendimentos favoráveis e sucesso na negociação com proprietários. Neste caso, a usina privilegia a negociação com proprietários de terras, a expectativas de rendimentos dos canaviais e o uso de pastagens não degradadas.

Segundo Sr. Osmar<sup>6</sup>, a usina cultiva mais de 20 variedades de cana-de-açúcar. As principais variedades são: RB867515, RB835486, SP813250, RB92579, SP791011 e RB928064; juntas correspondem a 83,3% dos 11.100 ha plantados (Tabela 13).

**Tabela 13.** Principais variedades plantadas pela usina Energética Serranópolis.

<b>Variedades plantadas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% Área total</b>
RB86 7515	4.131,9	36,77
RB83 5486	1.620,5	14,42
SP81 3250	1.141,6	10,16
RB92 579	1.064,4	9,47
SP79 1011	850,5	7,57
SP83 2847	555,9	4,95

**Fonte:** Energética Serranópolis (2012).

<sup>6</sup> Sr. Osmar, responsável agrícola da Usina Energética Serranópolis e concedeu a entrevista em março de 2012. Energética Serranópolis Ltda. Rod. GO 184, Km 65 - Fazenda Bonito. CEP: 75820-000 – Serranópolis-GO. Caixa Postal: 20. Fone: (64) 3668-2000 - Fax: (64) 3668-2024

O período de plantio é de fevereiro a março e a colheita de maio a novembro. O plantio mecanizado é feito em cerca de 50% da área e a colheita, em 65%. A usina arrenda terras desde 2004 seguindo alguns critérios de avaliação para firmar contratos visando às melhores propriedades. Dentre os critérios, o primeiro é quanto ao potencial produtivo, o segundo quanto à distância em relação à unidade industrial, o terceiro, a topografia e por último a limpeza das áreas. Quanto ao valor pago, estabelecido pela usina ao proprietário, pode chegar a 12 t cana/ha.

Na Tabela 14, observa-se que, no ano-safra 2006/2007, a usina tinha uma área arrendada de 2.370 ha, passando para 9.005 ha no ano-safra 2010/2011, com um aumento de 6.634 ha. No mesmo período, a área de fornecedores também aumentou, porém em quantidade menos expressiva, de 1.680 ha. A usina possui uma pequena área própria de 270 ha, desde o ano-safra 2009/2010. A média do aumento de áreas cultivadas entre 2006/2007 e 2009/2010 foi de 2.580 ha. O menor aumento foi em 2010/2011, com 844 ha. Logo, os dados indicam que a usina tem preferência por áreas arrendadas, correspondendo a mais de 80% da área total.

**Tabela 14.** Área arrendada, de fornecedor e própria da usina Energética Serranópolis entre os anos-safras de 2006/2007 e 2010/2011.

Safra	Área arrendada	Área de fornecedor	Área própria	Área total
2006/2007	2.370,4	142,1	0,0	2.512,4
2007/2008	5.092,6	237,7	0,0	5.330,3
2008/2009	6.900,0	1.153,2	0,0	8.053,2
2009/2010	8.315,8	1.668,2	270,4	10.254,4
2010/2011	9.004,7	1.823,4	270,4	11.098,4

**Fonte:** Energética Serranópolis (2012).

Nas áreas adquiridas pela usina, o uso anterior era de, mais ou menos, 70% de pastagem e 30% de lavouras, principalmente, de grãos. A usina não realiza rotação de culturas. Após a colheita, são feitos tratamentos contra insetos e doenças em todas as áreas, evitando-se assim, uma grande perda de produção nas safras seguintes.

Quanto à produção de cana, a usina colheu 148.117 t no ano-safra de 2006/2007 e 742.546 t no ano-safra 2010/2011, com um aumento de 594.429 t. A produtividade média de cana foi de 76,3 t.ha<sup>-1</sup>, a de etanol anidro foi de 10.149,3 m<sup>3</sup> e a de etanol hidratado, de 41.578,5 m<sup>3</sup> conforme mostra a Tabela 15.

**Tabela 15.** Produção de cana-de-açúcar, etanol anidro e hidratado da Energética Serranópolis entre os anos-safras de 2006/2007 e 2010/2011.

Safra	Cana (t)	Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	Álcool Anidro (m <sup>3</sup> )	Álcool hidratado (m <sup>3</sup> )
2006/2007	148.117,4	62,5	0,0	13.266,1
2007/2008	382.316,5	75,1	5.601,0	30.242,4
2008/2009	591.741,2	85,8	9.566,0	51.961,5
2009/2010	671.266,1	78,2	12.354,7	50.751,1
2010/2011	742.546,3	80,1	13.076,1	61.671,3

**Fonte:** Energética Serranópolis (2012).

Através da descrição das características das usinas pesquisadas, notam-se de modo geral, que os fatores que motivaram a instalação são os mesmos como qualidades edafoclimáticas interessantes à cultura da cana, boa logística e apoio político-econômico, os quais incentivaram a atração do setor para a região. Quanto às vias de abastecimento, grande parte da cana obtida pelas usinas é oriunda de áreas arrendadas, às quais apresentavam um histórico de produção de grãos, principalmente soja, identificando assim, o desinteresse em cultivar a cana em áreas anteriormente utilizadas para pastagens que como já dito, são áreas de maiores custos e menores produtividades em relação às áreas anteriormente cultivadas com grãos.

#### 4.4 CONDIÇÕES EDÁFICAS DO SUDOESTE DE GOIÁS PARA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O conhecimento edáfico é muito importante para avaliar a capacidade produtiva dos solos (LEPSCH, 1987; KOFFLER; DONZELLI, 1987). A cultura da cana-de-açúcar encontra-se nos mais distintos tipos de solos, muitas vezes com características muito aquém das desejadas (KOFFLER; DONZELLI, 1987; DEMATTÊ, 2004).

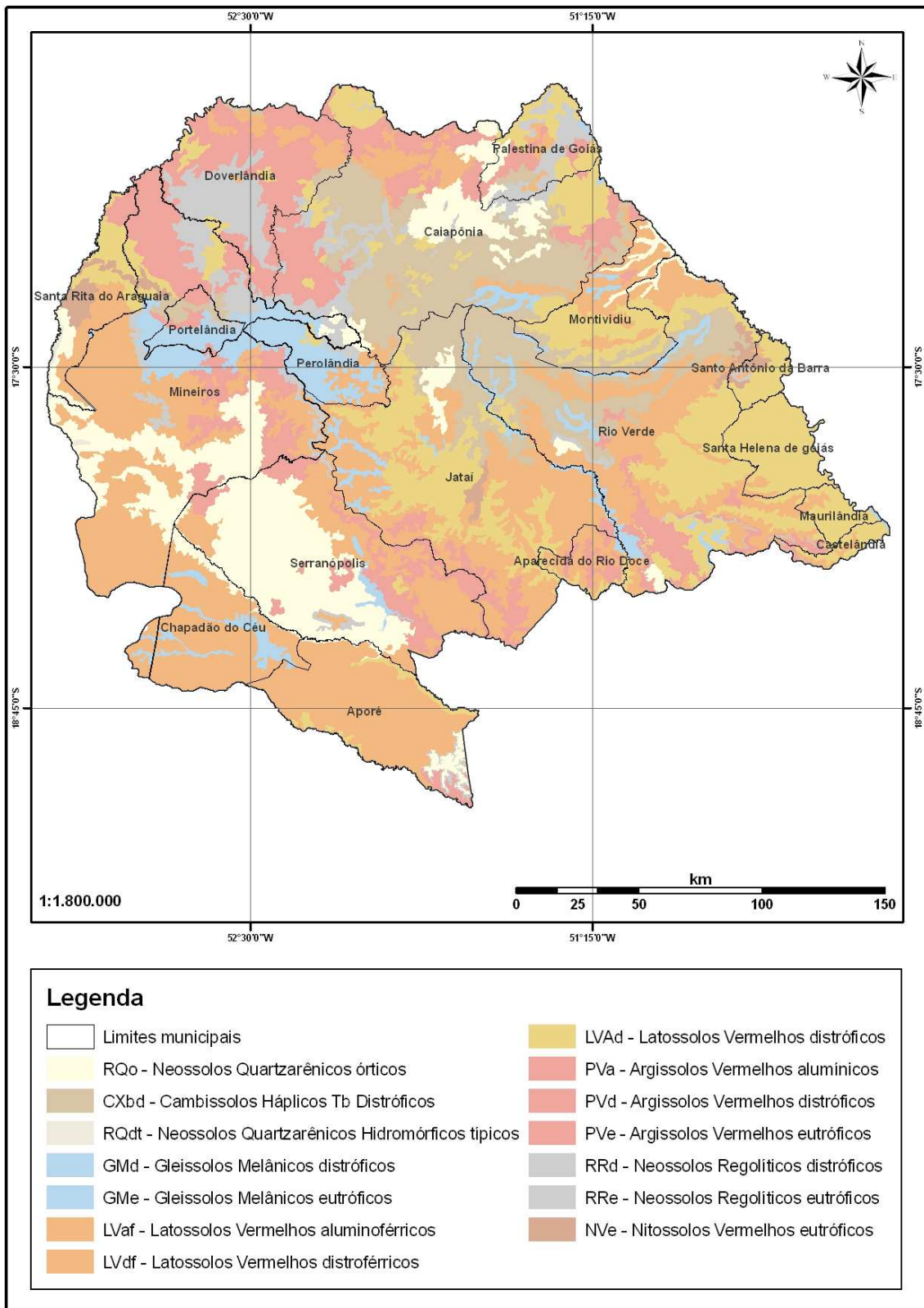
No final da década de 1970 e início dos anos de 1980, os solos predominantemente cultivados com cana-de-açúcar no país e nos principais estados produtores eram: a) Latossolos (67%), em São Paulo; b) Latossolos (49%) e Argissolos (32%), em Pernambuco; c) Argissolos (55%) e Latossolos (35%), em Alagoas e d) Latossolos, Argissolos e Associação destes (53%) com os Gleissolos (38%), no Rio de Janeiro (RIZZO; ORLANDO, 1980).

Atualmente, os principais solos cultivados com cana-de-açúcar, especialmente na região Centro-Sul, são: os Latossolos, os Nitossolos, Argissolos e algumas classes de menor extensão, os Neossolos Quartzarênicos, na região nordestina, a predominância de uso dos Latossolos Vermelhos-Amarelos e Amarelos e dos Argissolos (DEMATTÊ, 2004). Cada solo apresenta um potencial de produção próprio para a cana. No entanto, associado também às características do local no qual estão inseridos (topografia, logística), pode-se constituir ambientes com potenciais distintos para a produção da cultura.

Quanto à expansão da cultura em Goiás, Castro, Borges e Amaral (2008) destacam que, pelos estudos feitos sobre o solo e a distribuição de suas características neste Estado, pode-se constatar que as usinas instaladas ou em fase de instalação, localizam-se nas regiões com maior potencial agrícola. Pelo mesmo estudo, foi constatado que 60% dos solos do Estado apresentam de médio a alto potencial para o cultivo da cana.

Ainda que seja possível encontrar áreas plantadas com cana-de-açúcar em, praticamente, todas as classes de solos presentes em Goiás, 77% da cana plantada no Estado, no ano de 2007, encontravam-se sobre Latossolos e, cerca de, 97% encontrava-se em relevo plano, com declividade de até 6°, portanto favoráveis à mecanização (RIBEIRO, 2010).

As classes de solos identificadas no sudoeste de Goiás estão apresentadas na Figura 15 e Tabela 16. As principais classes encontradas são os Latossolos, que representam 45,9%, Neossolos Quartzarênicos 10%, Cambissolos 9,7 %, Gleissolos Melânicos e Argissolos, que representam juntos 18,2 % das áreas cultivadas.



**Figura 15.** Classes de solos identificadas no sudoeste de Goiás. **Fonte:** RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006).

**Tabela 16.** Classes de solos identificadas no sudoeste de Goiás, com suas respectivas extensões no território (conforme classificação de solos da EMBRAPA, 2006).

<b>Classes de solos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Neossolos Quartzarênicos - RQ	4.695,6	10
Argissolos Vermelhos - PV	4.279,0	9,1
Cambissolos Háplicos - CX	4.551,1	9,7
Gleissolos Melânicos - GM	4.259,5	9,1
Latossolos Vermelho-Amarelo - LVA	3.680,9	7,9
Latossolos Vermelhos - LV	11.799,4	25,2
Latossolos Vermelhos distroféricos - LVD	5.999,6	12,8
Neossolos Regolíticos - RR	3.935,2	8,4
Nitossolos Vermelhos eutróficos - NVe	3.672,7	7,8

**Fonte:** RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006).

De acordo com o mapa de solos, adaptado do SIEG (2006), em nível de ordem e subordem dos solos que ocorrem no sudoeste tem-se: **1)** Neossolos Quartzarênicos – RQ; **2)** Cambissolos Háplicos – CX; **3)** Neossolos Quartzarênicos hidromórficos – RQd; **4)** Gleissolos Melânicos – GM; **5)** Latossolos Vermelhos – LV; **6)** Latossolos Vermelhos distroféricos – LVD; **7)** Latossolos Vermelho-Amarelo – LVA; **8)** Argissolos Vermelhos – PV; **9)** Neossolos Regolíticos – RR; **10)** Nitossolos Vermelhos – NV.

A seguir, serão descritas as principais classes do 2º nível categórico – subordens – identificadas no sudoeste de Goiás e suas características relacionadas com os fatores limitantes ao uso agrícola.

a) Neossolos Quartzarênicos - RQ

Os Neossolos Quartzarênicos são solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico. Portanto solos com sequencia de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais menos resistentes ao intemperismo (EMBRAPA, 2006).

Os Neossolos Quartzarênicos são considerados solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo de culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação. Práticas de



manejo podem reduzir esse problema. Por serem muito arenosos com baixa capacidade de agregação de partículas, condicionada pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica, esses solos são muito suscetíveis à erosão. Quando ocupam as cabeceiras de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas. Tendo em vista a grande quantidade de areia, nesses solos, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a fina, há séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível (EMBRAPA, 2006).

Portanto, por apresentar fortes limitações ao uso agrícola, seja pela textura muito arenosa, fertilidade muito baixa, ou ainda devido ao alumínio em níveis de toxicidade, baixa capacidade de retenção de água, de modo geral, para toda a microrregião sudoeste, áreas que apresentam este tipo de solo, é frequentemente usada para pastagens (Figura 16).



**Figura 16.** Canavial cultivado em Neossolo Quartzarênico, anteriormente usado para pastagens na região da “Onça”, município de Jataí. **Fonte:** FRANCO, I. O. (2010).

#### b) Cambissolos - C

São solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm. Apresenta minerais primários, de fácil intemperização. No nível de subordem apresenta três classes, quais sejam: Cambissolos Hísticos – são solos com horizonte O hístico com menos de 40 cm de espessura, ou menos de 60 cm quando 50% ou mais do

material orgânico for construído de ramos finos, raízes finas, casca de árvores e folhas, parcialmente decompostos; Cambissolos Húmicos – solos com horizonte A húmico; Cambissolos Háplicos – outros solos que não se enquadram nas classes anteriores (EMBRAPA, 2006).

No Cerrado estes solos são distróficos e quase sempre muito ácidos. Apresenta pouca profundidade (30 a 80 cm), textura variável de arenosa a média-argilosa, drenagem lenta com possibilidade de encharcamento temporário. Têm elevada erodibilidade determinada principalmente por pequena profundidade e muitas vezes por apresentarem elevados teores de silte, além de ocorrerem em áreas de grande instabilidade - relevos acidentados (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007).

Já os Cambissolos sem restrição de drenagem, em relevo plano, eutróficos ou distróficos, apresentam bom potencial agrícola.

#### c) Gleissolos - G

São solos minerais, hidromórficos, apresentando horizontes A (mineral) ou H (orgânico), seguido de um horizonte de cor cinzento-olivácea, esverdeado ou azulado, chamado horizonte glei, resultado de modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento durante o ano todo ou parte dele. O horizonte glei pode começar a 40 cm da superfície. São solos mal drenados, podendo apresentar textura bastante variável ao longo do perfil (EMBRAPA, 2006).

No nível de subordem apresenta quatro classes, quais sejam: Gleissolos Tiomórficos – solos com horizontes sulfúricos e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm da superfície do solo; Gleissolos Sállicos – solos com caráter sálico ( $CE > \text{ou} = 7$  dS/m), dentro de 100 cm da superfície do solo; Gleissolos Melânicos – solos com horizonte H hístico com menos de 40 cm de espessura ou horizonte A húmico, proeminente ou chernozêmico; Gleissolos Háplicos – outros solos que não se enquadram nas classes anteriores (EMBRAPA, 2006).

Por geralmente serem solos hidromórficos, as principais limitações ao uso agrícola decorrem da má drenagem, com presença de lençol freático alto e dos riscos de inundação que são frequentes. A drenagem artificial é imprescindível para torná-los aptos à utilização agrícola. Há limitações também ao emprego de máquinas agrícolas, tanto pelas condições de drenagem, quanto pelas características de textura muito

argilosa. Apresentam acidez acentuada devido às reações ácidas decorrentes da decomposição de materiais orgânicos. Em função de suas características, impõem limitações às práticas agrícolas. Tendem, assim, a permanecer em sua condição natural como áreas de preservação permanente (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007).

d) Latossolos - L

São solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizontes B muito espesso (> 50 cm) com sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; as cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15 e 80%. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade (EMBRAPA, 2006).

No nível de subordem apresenta quatro classes, quais sejam: Latossolos Brunos – solos com matiz mais amarelo que 2,5 YR no horizonte BA ou em todo horizonte B, e apresentando: (1) horizonte A espesso com mais de 30 cm de espessura, com teores de carbono orgânico acima de 1%, inclusive no horizonte BA; (2) textura argilosa ou muito argilosa em todo o horizonte B; (3) alta capacidade de retração do solo com a perda de umidade evidenciando pelo fendilhamento acentuado em cortes de barrancos, expostos ao sol por curto espaço de tempo (uma semana ou mais), formando uma estrutura do tipo prismática; Latossolos Amarelos – solos com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); Latossolos Vermelhos – solos com matiz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); Latossolos Vermelho-Amarelos – outros solos com matiz 5 YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 1999).

Os Latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos (EMBRAPA, 2006).

No Cerrado a maioria dos Latossolos apresentam restrição agrícola devido à baixa fertilidade natural associado à elevada acidez, no entanto, respondem bem à

calagem e adubação, somado à facilidade com que são mecanizados, fazem dos mesmos os melhores solos com fins agricultáveis do Cerrado (Figura 17).



**Figura 17.** Canavial cultivado em Latossolo Vermelho, anteriormente cultivado com grãos no município de Jataí. **Fonte:** FRANCO, I. O. (2010).

e) Argissolos - P

São solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes. Apresentam horizonte B de cor avermelhada até amarelada e teores de óxidos de ferro inferiores a 15%. Podem ser eutróficos, distróficos ou álicos. Têm profundidade variada e ampla variabilidade de classes texturais (EMBRAPA, 2006).

No nível de subordem apresenta quatro classes, quais sejam: Argissolos Acinzentados – solos com matiz mais amarelo que 5YR e valor 5 ou maior e croma < 4 na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); Argissolos Amarelos – solos com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); Argissolos Vermelho-Amarelos – solos com matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); Argissolos Vermelhos – outros solos com matiz 2,5YR ou mais vermelhos nos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BC) (EMBRAPA, 2006).

Na região do Cerrado, as classes mais comuns de Argissolos são os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e Argissolos Vermelho-Escuros (PVE). Esse último distingue-se pela coloração avermelhada mais escura e teor de óxidos de ferro mais elevado (EMBRAPA, 2006).

Nesses solos, constata-se grande diversidade nas propriedades de interesse para a fertilidade e uso agrícola (teor variável de nutrientes, textura, profundidade, presença ou ausência de cascalhos, concreções, ocorrência em diferentes posições na paisagem, entre outras). Dessa forma, torna-se difícil generalizar suas qualidades (EMBRAPA, 2006).

Problemas sérios de erosão são verificados naqueles solos em que há grande diferença de textura entre os horizontes A e B, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno. Quando a fertilidade natural é elevada, sua aptidão é boa para agricultura. Os intermediários para Latossolos apresentam aptidão para uso mais intensivo, mesmo contendo baixa fertilidade natural, uma vez que são profundos. Essa limitação pode ser corrigida, desde que ocorram em áreas de relevo suavizado (EMBRAPA, 2006).

#### f) Nitossolos - N

São solos minerais, não-hidromórficos, apresentando cor vermelho-escura tendendo à arroxeadada. São derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos. Na sua maioria, são eutróficos com ocorrência menos frequentes de distróficos e raramente álicos. Quando comparados aos Latossolos, as NVs apresentam maior potencial de resposta às adubações, consequência de sua CTC mais elevada (EMBRAPA, 2006).

Apresentam horizonte B textural, caracterizado mais pela presença de estrutura em blocos e cerosidade do que por grandes diferenças de textura entre os horizontes A e B. A textura varia de argilosa a muito argilosa e são bastante porosos (superior a 50%). Uma característica peculiar é que esses solos apresentam materiais que são atraídos pelo imã. Seus teores de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são elevados (superiores a 15%) (EMBRAPA, 2006).

No nível de subordem apresenta duas classes, quais sejam: Nitossolos Vermelhos – solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA); Nitossolos Háplicos – outros solos que não se enquadram na classe anterior (EMBRAPA, 2006).

Na região do Cerrado, é comum amostras de Nitossolos com a presença de horizonte B latossólico logo abaixo do B textural, deste modo apresentam comportamento intermediário entre Nitossolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico. Os Nitossolos Vermelhos compreendem solos de grande importância agrícola; os eutróficos são de elevado potencial produtivo, e os distróficos e álicos respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos. Em vista de suas características, à exceção do relevo, esses solos têm aptidão boa para lavouras e demais usos agropastoris (EMBRAPA, 2006).

Sabe-se que solos com aptidão regular e dependendo da situação até os considerados restritos, se bem manejados podem ser produtivos, apesar de requerer maior investimento (PRADO, 2005).

De modo geral, no sudoeste de Goiás, os melhores solos para o manejo são os Latossolos, Argissolos e os Nitossolos. Já solos pouco profundos como os Cambissolos e os hidromórficos como os Gleissolos não são indicados para o cultivo, salvo restrições, pois apresentam limitações ao desenvolvimento radicular.

Os solos com melhor aptidão natural ao cultivo da cana-de-açúcar estão localizados nas áreas onde a produção de grãos é a atividade predominante. Estes solos ocorrem na porção leste e central do sudoeste de Goiás, onde estão localizadas as maiores cidades, como Jataí e Rio Verde, conseqüentemente as melhores infraestruturas, coincidindo ao longo da área de influência das rodovias BR 364 e BR 060 que liga a microrregião a capital do Estado.

Quanto às classes de solos, a mais representativa nas áreas cultivadas com cana no ano de 2011 no sudoeste de Goiás são os Latossolos com 206.993,94 ha, destes, 73,9% são Latossolos Vermelhos distroféricos e 26% são Latossolos Vermelhos aluminoféricos. Já os Neossolos Quartzarênicos apresentam uma área cultivada com cana de 29.900 ha, o que corresponde a 11,34% das áreas de cana do sudoeste de Goiás no ano de 2011 (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 17 e Figura 18 estão os resultados detalhados das classes de solos encontradas em áreas cultivadas com cana entre os municípios produtores no ano de 2011.

**Tabela 17.** Classes de solos encontradas em áreas (hectares – ha e porcentagem %) de canaviais entre os municípios que plantam cana no sudoeste de Goiás no ano de 2011.

Classe	Aporé		Castelândia		Chapadão do Céu		Jataí	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RQo	63,5	1,06			1.521,6	4,21		
CXbd							5.379,6	38,96
RQdt								
GMd	594,8	9,91			3.262,8	9,01	1.269,3	9,19
GMe			259,3	2,27				
LVaf	4.447,0	74,09			14.225,4	39,27	4.190,5	30,35
LVdf	896,9	14,94	11.152,3	97,73	17.215,2	47,52	2.969,1	21,5
LVdf								
LVAd								
PVa								
PVd								
RRd								
NVe								

Classe	Maurilândia		Mineiros		Montividiu		Perolândia	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RQo			12.647,2	24,52			3,0	0,04
CXbd								
RQdt			338,1	0,66				
GMd			2.318,3	4,49	541,1	28,74	7.297,4	86,08
GMe	38,8	0,16						
LVaf	4.333,2	17,79	19.543,9	37,89				
LVdf	19.983,6	82,05	15.114,9	29,3	1.341,7	71,26	1.167,2	13,77
LVAd			207,9	0,4				
PVa			19,7	0,04				
PVd			1.257,0	2,44				
RRd			137,8	0,27			9,5	0,11
NVe								

Classe	Portelândia		Rio Verde		Santa Helena		Santa Rita do Araguaia	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RQo							1.373,9	45,87
CXbd	35,0	3,75	560,5	3,4				
RQdt							23,0	0,77
GMd	814,9	87,31	265,4	1,61				
GMe								
LVaf			5.055,6	30,7	1.898,5	3	151,0	5,04
LVdf			9.726,4	59,07	61.373,9	97	1.447,1	48,32

---

<b>LVAd</b>				
<b>PVa</b>				
<b>PVd</b>	0,9	0,1	860,6	5,23
<b>RRd</b>	82,5	8,84		
<b>NVe</b>				

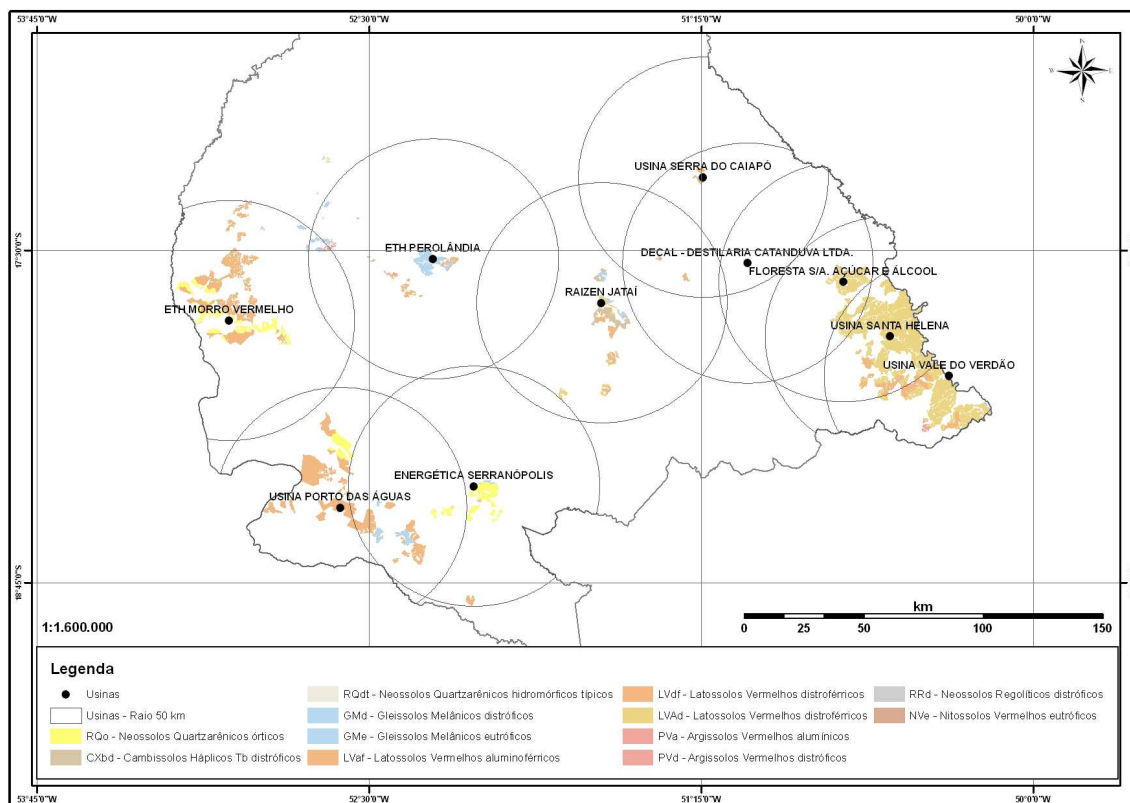
---

Classe	Santo Antônio da Barra		Serranópolis	
	ha	%	ha	%
<b>RQo</b>			14.288,8	80,59
<b>CXbd</b>				
<b>RQdt</b>				
<b>GMd</b>			539,9	3,05
<b>GMe</b>				
<b>LVaf</b>				
<b>LVdf</b>	7.859,7	97,53	2.693,0	15,19
<b>LVAd</b>				
<b>PVa</b>				
<b>PVd</b>				
<b>RRd</b>			207,6	1,17
<b>NVe</b>	199	2,47		

**RQo:** Neossolo Quartzarênico órtico; **CXbd:** Cambissolo Háplico Tb distrófico; **RQdt:** Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico; **GMd:** Gleissolo Melânico distrófico; **GMe:** Gleissolo Melânico eutrófico; **LVaf:** Latossolo Vermelho aluminoférrico; **LVdf:** Latossolo Vermelho distroférico; **LVAd:** Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; **PVa:** Argissolo Vermelho alumínico; **PVd:** Argissolo Vermelho distrófico; **RRd:** Neossolo Regolítico distrófico; **NVe:** Nitossolo Vermelho eutrófico.

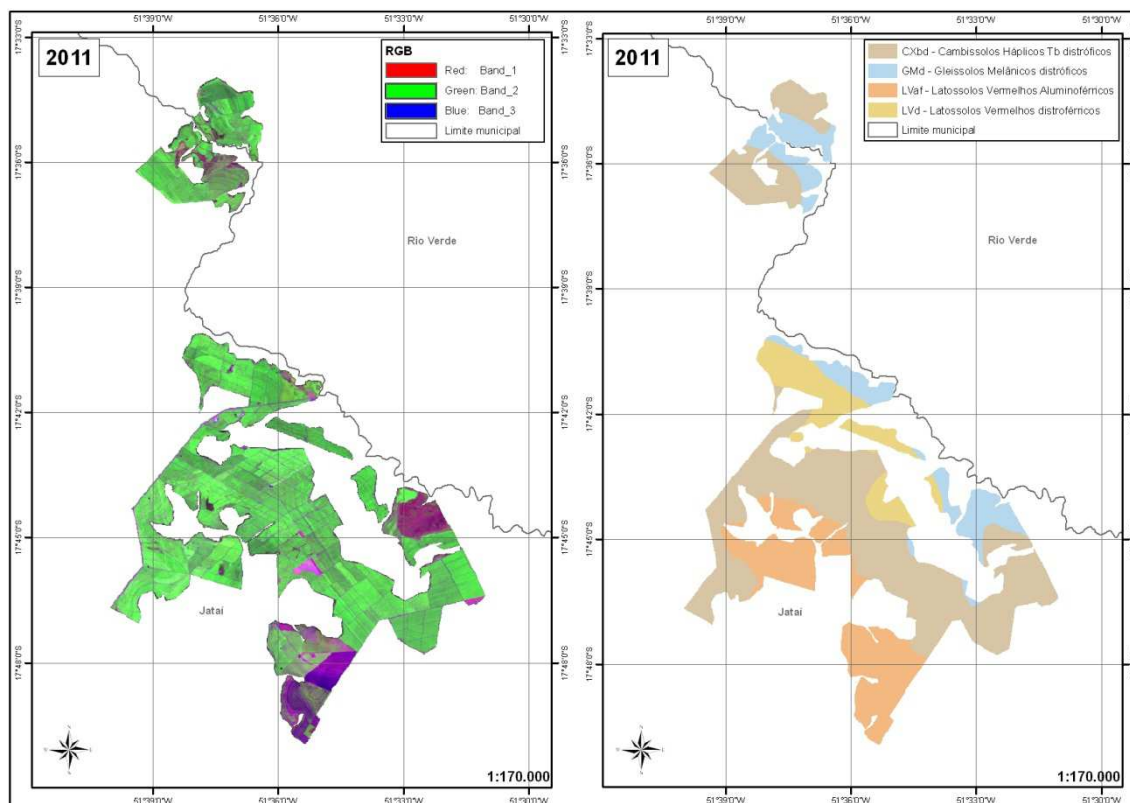
**Fonte:** INPE (2012); RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006). Org.: FRANCO, I. O. (2012).





**Figura 18.** Sobreposição das áreas de cana-de-açúcar no ano de 2011 com as classes de solos encontradas no sudoeste de Goiás. **Fonte:** INPE (2012); RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

Para exemplificar a espacialização dos solos nos talhões de canaviais, fez-se um recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde. Na Figura 19 utilizou-se a composição colorida do Landsat 5, bandas 543RGB. Observa-se que a área cultivada com cana está sobre os Latossolos Vermelhos distrofêricos, Cambissolos e Gleissolos Melânicos, este último, distribuído próximo à divisa municipal, que é constituída pelo Rio Doce.



**Figura 19.** Espacialização dos solos nos talhões de canaviais – recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde. **Fonte:** INPE (2012); RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

#### 4.5 COBERTURA E USO DOS SOLOS PRÉVIO AO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SUDOESTE DE GOIÁS

Nas classificações de cobertura e uso do solo, observa-se que não se distinguem entre pastagens degradadas e não degradadas, apresentadas em uma única classe “pastagem”. Esta dificuldade também foi detectada por Feltran-Barbieri (2009). Para identificá-las, seria necessário testar as nuances espectrais das pastagens reconhecidas nas imagens de satélite com as diferentes fisionomias encontradas no campo. Dadas às limitações técnicas do método utilizado na interpretação das imagens de satélite, não foi possível separar os dois tipos de pastagens; assim, não se pode avaliar qual o total da área de pastos degradados, substituídos por cana.

Ribeiro (2010) afirma que no bioma Cerrado, compreendendo os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, 78% da área com cana, em 2007, coincidem com áreas mapeadas como agricultura em 2002. De fato,

66% de todo o incremento na área plantada com cana, entre 2005 e 2007, deu-se sobre áreas identificadas como de uso agrícola, sugerindo uma significativa substituição das culturas. Em relação às áreas, anteriormente mapeadas como pastagens ou remanescentes de vegetação natural, apenas 20% e 2%, respectivamente, foram ocupadas com cana em 2007. Quanto aos incrementos sobre estas classes de uso, estes foram de 31% e 2%, respectivamente.

Para os períodos de 2007-2008 e 2008-2009, a maior parte dos incrementos em área cultivada com cana-de-açúcar, 62,7 % e 45,1 %, respectivamente, em todo o bioma Cerrado, se encontrava em áreas identificadas como agricultura em 2002, e 21,6 % e 37,1 %, respectivamente, em área de pastagens, mapeadas como favoráveis à expansão da cana; enquanto isso, as pastagens, em geral, apresentaram avanço durante os dois períodos de 30,3 % e de 46,7 %, respectivamente, sugerindo que o avanço da cana ocorreu em pastagens pouco apropriadas, devido a solos menos férteis e/ou em áreas de preservação permanente (RIBEIRO, 2010).

A mesma autora observou que, no Estado de Goiás entre 2005 e 2007, a expansão da cana foi de 37 %. Propondo um cenário onde a expansão ocorra somente em áreas de pastagens e em respeito à legislação ambiental, no Cerrado a cana poderá ocupar 187.682 km<sup>2</sup>, ou seja, 33,7% das pastagens e destas, 26 %, 50 % e 24 %, consideradas de baixa, média e alta produtividade natural, o que significa 2,5 vezes a área cultivada com cana no Estado de Goiás na safra 2011/2012, que de acordo com os dados do INPE/CANASAT (2012) era de 73.198 km<sup>2</sup>.

Um estudo, realizado por Nassar et al. (2008), mostrou que dos 103.795 ha convertidos em cana entre 2007 e 2008 nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, 61% ocorreram sobre lavouras. Dos cinco estados analisados (Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso), todos substituíram, majoritariamente, áreas agrícolas, entre os anos de 2007 e 2008. Goiás apresenta-se como o segundo Estado com a maior porcentagem em áreas agrícolas, 70% e de pastagens, 30% no ano de 2007 onde a cana ampliou sua área em 85.560 ha. Já no ano de 2008, Goiás se tornou, entre aqueles Estados, o de maior porcentagem de substituição em áreas agrícolas, 76% contra 24% de pastos, em uma área cultivada com cana de 143.155 ha.

Um segundo estudo, incluindo os Cerrados de Minas Gerais, São Paulo e oeste baiano, concluiu-se que na expansão canavieira entre 2004 e 2008, dos 270.735 ha,

50,4% ocorreram sobre lavouras, 33% sobre pastagens, 5,3% sobre vegetação nativa e 11,2% em cima de outros usos (RAMOS-NETO & FELTRAN-BARBIERI, 2009).

Fazendo-se uma análise abrangendo apenas o Estado de São Paulo, a área total de agricultura e pastagem, substituídas até o ano-safra 2008/2009, foi, respectivamente, de 266.272 ha e de 374.180 ha. Portanto, a expansão das áreas de cana no Estado de São Paulo ocorreu mais em áreas de pastagens do que em áreas de uso agrícola (RUDORFF et al., 2010).

No Estado de Goiás, segundo Silva e Miziara (2010), é possível identificar duas situações contrastantes entre si, onde na porção norte a expansão se dá, predominantemente, sobre Cerrado e na porção sul, em substituição às áreas agropecuárias. Percebe-se que, em relação às áreas ocupadas com outras formas de uso, que perdem lugar para o cultivo da cana-de-açúcar, a agricultura aparece em primeiro lugar, com 14,4%, seguida do Cerrado, com 7,7%, matas - áreas de não cerrado -, situadas na porção sul do Estado, com 4,8% e, por fim, a pecuária com 3,7%. Considerando apenas as áreas onde o cultivo da cana foi efetivado, pode-se confirmar a ideia de substituição de culturas praticadas em 2002, uma vez que 67% destas áreas, atualmente ocupadas por cana, eram então destinadas à agricultura. Assim, Goiás divide-se em duas tendências espaciais de expansão, a do norte e a do sul.

Neste sentido, sabendo-se que a expansão canavieira no sul de Goiás se dá em substituição às áreas de agropecuária, tornam-se necessários estudos que visem monitorar, auxiliando na elaboração de planos estratégicos de produção de alimentos e de atendimento da demanda global por etanol, na busca por produção de alimentos e por energia, de forma equilibrada.

Feltran-Barbieri (2009) apresenta resultados sobre cobertura e uso do solo em três municípios do sudoeste de Goiás, quais sejam, Chapadão do Céu, Mineiros e Portelândia. Ele observou a substituição de grãos e pastagens em favor da expansão da cana-de-açúcar, entre meados de 2007 e março de 2009. Os resultados indicam que Chapadão do Céu e Portelândia apresentaram 88,2% e 80,2% de suas áreas de agricultura substituídas por cana, respectivamente, e Mineiros apresentou 37,8% de área substituída. A substituição de pastagens por cana foi mais expressiva no município de Mineiros, com 58,9 %, enquanto em Chapadão do Céu e Portelândia a substituição da pastagem por cana se deu em 8,8% e 14,3%, respectivamente. Neste mesmo estudo, comprovou-se, através de entrevistas com funcionários das usinas de Alto Taquari, Chapadão do Céu, Mineiros e Portelândia, que 36% das substituições foram orientadas

a ocorrerem em áreas de pastagens, preferencialmente nas degradadas, mas 88% das usinas estão orientadas a não prospectar, preferencialmente, áreas de pastagens degradadas. Além disso, foram observados desmatamentos - com a expansão da cana - os quais superaram todas as médias históricas disponíveis, mesmo considerando os períodos de franca expansão da soja. E ainda, avaliou-se que quando as áreas de lavouras eram convertidas para cana, os resquícios de vegetação nativa eram absorvidos em quantidades muito menores do que quando contíguos ou inseridos nas pastagens convertidas; para se ter uma ideia, a cada 10 ha de pasto convertido, foram desmatados 1,12 ha de Cerrado a ele associado.

Apesar de este último trabalho ter analisado três, dos dezoito municípios do sudoeste de Goiás, o mesmo apresenta resultados similares aos obtidos nesta pesquisa.

Quatorze municípios do sudoeste de Goiás apresentaram áreas cultivadas com cana-de-açúcar, de acordo com as imagens de satélites do ano de 2011. A seguir, apresenta-se a análise da cobertura e uso do solo com os valores das áreas de agricultura, cerrado e pastagem, que foram substituídas por cana nas análises temporais de 2001, 2006 e 2011 (Figuras 20, 21 e 22; APÊNDICE B).

No município de Aporé, de 2001 a 2006, houve um aumento da área agricultável - 3.201,6 ha - em função da diminuição de pastagem - 3.416,1 ha -, na área que em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-açúcar. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 6.002 ha -, 53,6%, 30,6% e 15,6% ocorreram em áreas onde, em 2006, eram agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente.

No município de Castelândia, de 2001 a 2006 houve uma diminuição de áreas de agricultura, cerrado e pastagem em favor da expansão da cana. As áreas de agricultura diminuíram 3.656,9 ha, a de pastagem 2.126,8 ha e a de Cerrado 652,3 ha, o que representa 32,1%, 18,6% e 6,6% das áreas de agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente, substituídas por cana no ano de 2011. Por este município apresentar um histórico na produção de cana, comparado com outros municípios do sudoeste de Goiás, no ano de 2001, a área cultivada com cana já correspondia a 43,6% - 4.981,0 ha - da área cultivada no ano de 2011. De 2001 a 2006 houve um aumento de área cultivada com cana de 55,5%, passando a ter 11.295,6 ha, o que representa 99% da área cultivada no ano de 2011.

No município de Chapadão do Céu, de 2001 a 2006 houve um aumento da área agricultável - 6.009,7 ha - em função da diminuição da área de pastagem - 3.494,6 ha - e de cerrado - 2.181,5 ha -, na área que, em 2011, foi totalmente substituída por cana-de-

açúcar. De toda área cultivada com cana-de-açúcar, no ano de 2011 - 36.225 ha -, 94,8%, 2,4% e 2,3% ocorreram em áreas onde, em 2006, eram de agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente. Comparando-se com os resultados obtidos por Feltran-Barbieri (2009), a área de agricultura substituída teve um acréscimo de 6,6% de 2009 a 2011 enquanto para área de pastagem houve uma diminuição de 6,5%. Portanto, percebe-se que neste período a cana avançou preferencialmente em áreas de agricultura.

No município de Jataí, de 2001 a 2006 houve um aumento da área de agricultura - 856,8 ha - em função da diminuição da área de pastagem - 419,3 ha - e de cerrado - 440,3 ha - na área que, em 2011, foi totalmente substituída por cana-de-açúcar. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 13.808 ha -, 65,4%, 30% e 4,5% ocorreram em áreas onde, em 2006, eram de agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente. Segundo dados do IBGE (2012), de 2006 a 2010 somente a área cultivada com soja retraiu 20.000 ha.

No município de Maurilândia, de 2001 a 2006 houve um aumento da área de cerrado - 642,3 ha - e uma diminuição da área de pastagem - 2.088,4 ha. Em 2001, a cana já ocupava 19.122,8 ha o que significa 78,4% da área cultivada com cana em 2011. De 2001 a 2006, a participação da cana aumentou 11,2%. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 24.355 ha -, 9,64% e 0,74% ocorreram em áreas onde em 2006 eram pastagem e cerrado, respectivamente.

No município de Mineiros, de 2001 a 2006 houve um aumento da área de agricultura - 2.140,7 ha - e de cerrado - 216,9 ha - e uma diminuição da área de pastagem - 2.230,5 ha - na área que, em 2011, foi totalmente substituída por cana-de-açúcar. De toda área cultivada com cana-de-açúcar, no ano de 2011 - 51.926 ha -, 24,6%, 39,1% e 36,3% ocorreram em áreas onde, em 2006, eram agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente. Comparando-se com os dados de Feltran-Barbieri (2009), a área de agricultura substituída diminuiu 13,2% de 2009 a 2011, aumentando consideravelmente a área de pastagem e, conseqüentemente, a área de cerrado remanescente a ela associada - 75,3%. Apesar das áreas agrícolas terem diminuído sua participação em áreas substituídas pela cana de 2009 a 2011, isto não foi suficiente para a retração de áreas cultivadas com grãos no município, o que comprova são os dados do IBGE (2012), de 2006 a 2010 somente a área cultivada com soja retraiu 28.000 ha.

No município de Montividiu, de 2001 a 2006 houve um aumento da área de agricultura - 505,2 ha - na área que em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-

açúcar. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 1.882 ha, 100% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura.

No município de Perolândia, de toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 8.477 ha -, 92,3%, 0,02% e 7,7% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, pastagem e cerrado respectivamente.

No município de Portelândia, de toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 933 ha, 0,29% ocorreram em áreas onde em 2006 era agricultura, 91,06% pasto e 8,65% cerrado. Esta informação contradiz com os dados de Feltran-Barbieri (2009). Deve-se analisar no sentido de que a variação temporal deste trabalho foi maior que o citado. Portanto acredita-se que entre os anos de 2006 a 2009 este município tenha aumentado proporcionalmente suas áreas de pasto para agricultura, fazendo-se converter em 2009, mais de 80% das áreas agrícolas para a cultura da cana-de-açúcar.

No município de Rio Verde, na mesma área que em 2011 era totalmente cultivada com cana-de-açúcar, de 2001 a 2006 houve um aumento da área de agricultura - 1.322,6 ha - e da cultura da cana - 2.262,0 ha, enquanto as áreas de pastagem diminuíram 2.829,2 ha e de cerrado 797,0 ha. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 16.468 ha -, 26,81%, 17,14% e 1,44% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, pastagem e cerrado respectivamente.

No município de Santa Helena, na mesma área onde em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-açúcar, de 2001 a 2006 houve uma diminuição das áreas de agricultura, pastagem e cerrado de 3.484,3 ha, 16.137,0 ha, 2.336,0 ha respectivamente, em favor da cultura da cana-de-açúcar, que no mesmo período teve um acréscimo de área de 21.877 ha, passando de 34.476,7 ha em 2001 para 56.353,6 ha em 2006. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 63.272 ha -, 4,96%, 5,21% e 0,63% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, pastagem e cerrado respectivamente. A pequena porcentagem de cobertura e usos substituídos pela cana em 2006 demonstra que o município de Santa Helena já apresentava uma produção expressiva de cana anterior aos outros municípios da microrregião.

No município de Santa Rita do Araguaia, na mesma área onde em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-açúcar, de 2001 a 2006 houve uma diminuição da área de cerrado de 174,5 ha e um pequeno aumento de 169,1 ha da área de pastagem. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 2.997 ha -, 36,32% ocorreram em áreas onde em 2006 eram pastagem e 63,68% cerrado.

No município de Santo Antônio da Barra, na mesma área onde em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-açúcar, de 2001 a 2006 houve uma diminuição das áreas de pastagem e cerrado, 2.723,3 ha e 155,0 ha respectivamente, em favor da agricultura que teve um acréscimo de área de 2.878,5 ha, passando de 5.072,0 ha em 2001 para 7.950,2 ha em 2006. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 8.058 ha -, 98,81% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, 0,03% pastagem e 1,14% cerrado. Segundo dados do IBGE (2012), de 2006 a 2010 a área cultivada com soja retraiu 2.000 ha, sorgo, 500 ha e algodão, arroz e feijão somados retraíram 1.200 ha.

No município de Serranópolis, na mesma área onde em 2011 foi totalmente substituída por cana-de-açúcar, de 2001 a 2006 houve uma diminuição das áreas de pastagem e cerrado, 3.854,3 ha e 1.069,0 ha respectivamente, em favor da agricultura, que teve um acréscimo de área de 4.933,7 ha, passando de 1.235,0 ha em 2001 para 6.168,6 ha em 2006. Apesar do aumento da área de agricultura, a mesma não foi suficiente para representar a maior porcentagem de área substituída por cana. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 17.729 ha -, 34,79%, 52,24% e 12,97% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, pastagem e cerrado respectivamente.

No sudoeste, no período analisado, de 2001 a 2006, nos municípios de Aporé, Chapadão do Céu, Jataí, Mineiros, Montividiu, Rio Verde, Santo Antônio da Barra e Serranópolis houve uma dinâmica de ganho de área destinada à agricultura através da perda de área de cerrado, e pastagem, principalmente. De toda área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2011 - 263.549 ha -, 55% ocorreram em áreas onde em 2006 eram agricultura, 28%, pastagem e 17%, cerrado. Deste modo, a classe agricultura prevalece entre as classes substituídas por cana-de-açúcar no ano de 2011.

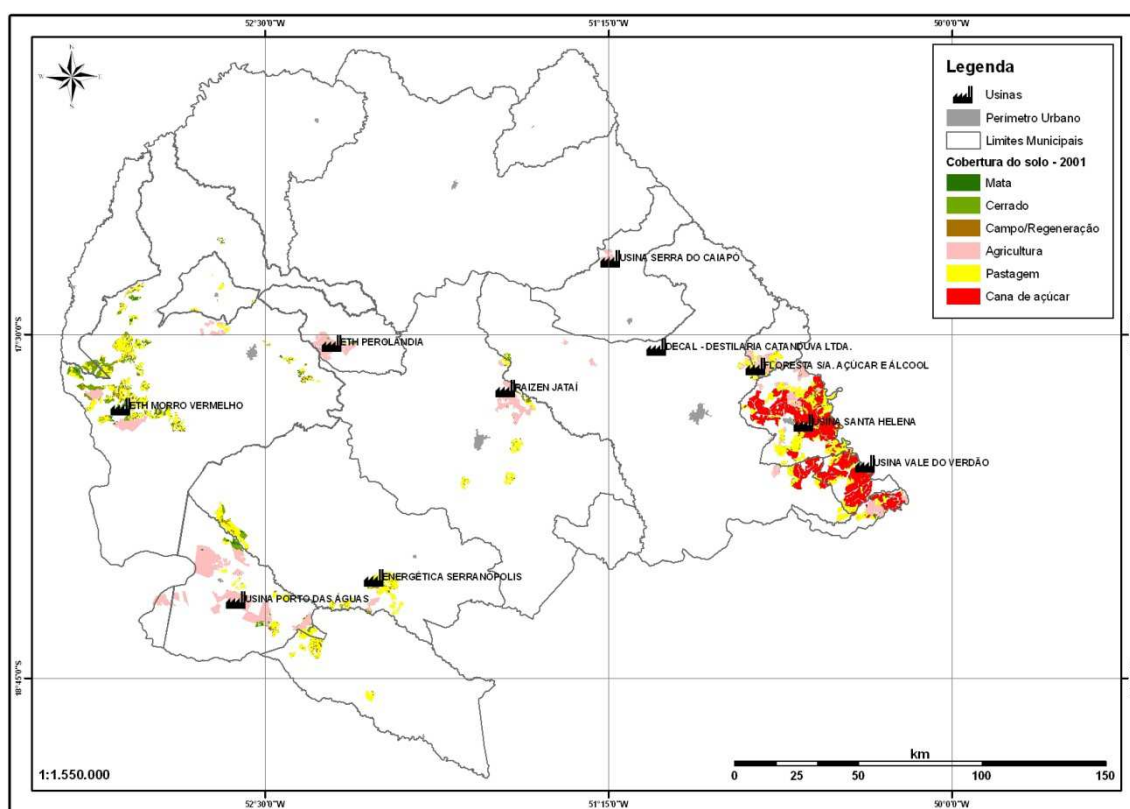
Os municípios que apresentaram substituições, acima de 50%, em áreas que em 2006 eram usadas para a agricultura foram: Montividiu - 100% -, Santo Antônio da Barra - 99% -, Chapadão do Céu - 95% -, Jataí - 65% - e Aporé - 54% -, já Mineiros, Portelândia e Serranópolis tiveram as maiores conversões em áreas onde em 2006 eram pastagem.

O Zoneamento Agroecológico “incentiva” a expansão da cana-de-açúcar em áreas de “pastagens degradadas”, ou seja, áreas que apresentem solos de baixa fertilidade natural e/ou o estabelecimento, formação e manejo da pastagem precária; condições estas frequentemente encontradas na pecuária extensiva. Portanto dos

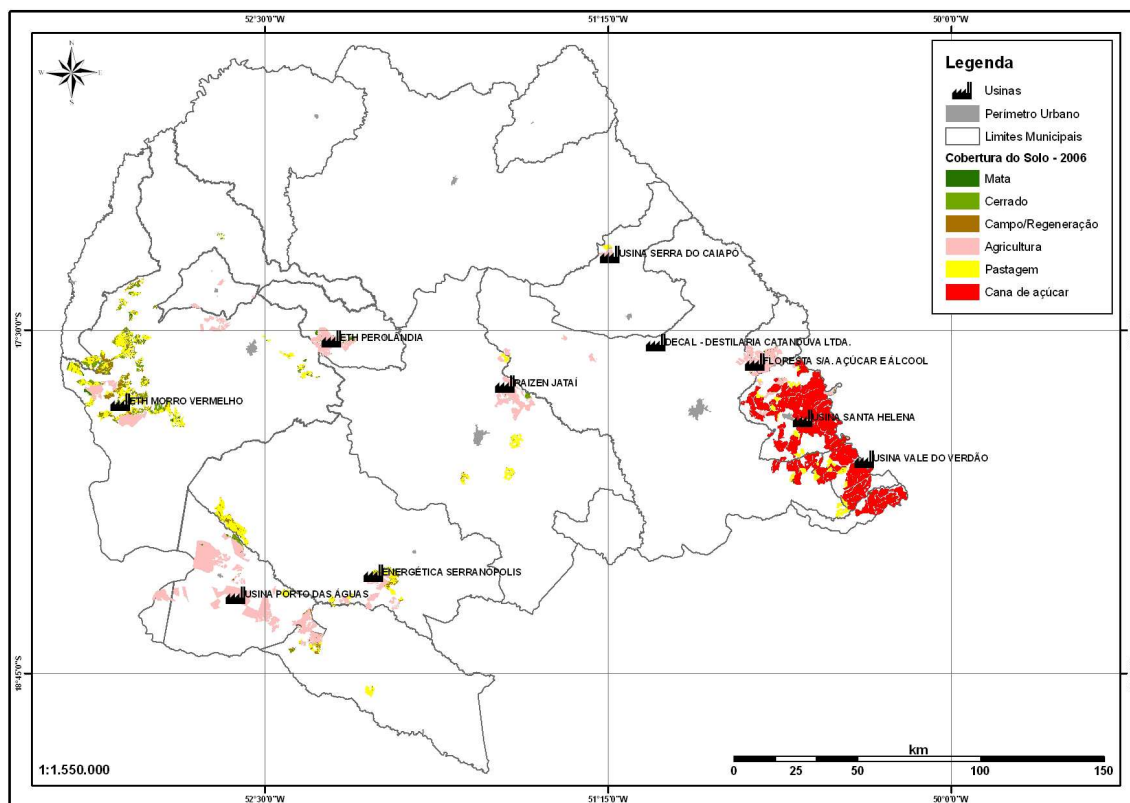


municípios que apresentaram valores expressivos de substituição em áreas de pastagem cultivados em Neossolos Quartzarênicos, que a princípio são solos que frequentemente se apresentam cultivados com pastagem degradada são: Serranópolis que apresenta 14.289 ha - 80% - dos canaviais cultivados em Neossolos Quartzarênicos, Santa Rita do Araguaia com 1.373 ha - 46% -, Mineiros com 12.647 ha - 24%.

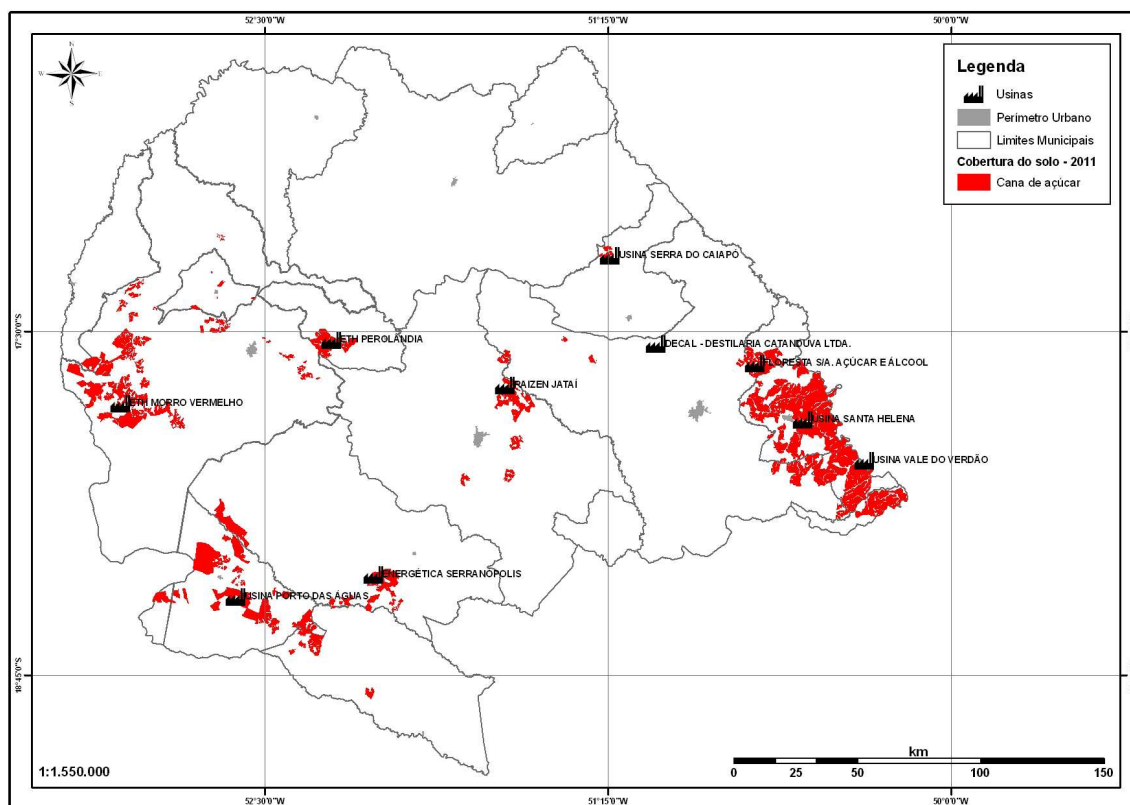
A sobreposição do mapa de cobertura de 2006 com as áreas cultivadas com cana no ano de 2011 revelou que a expansão não ocorreu preferencialmente sobre as pastagens. Houve ocupação de pastagens, mas estas não refletiram predominância se comparado com a área total.



**Figura 20.** Cobertura e uso do solo em 2001 nas áreas com cana-de-açúcar em 2011, no sudoeste de Goiás. **Fonte:** INPE (2012). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

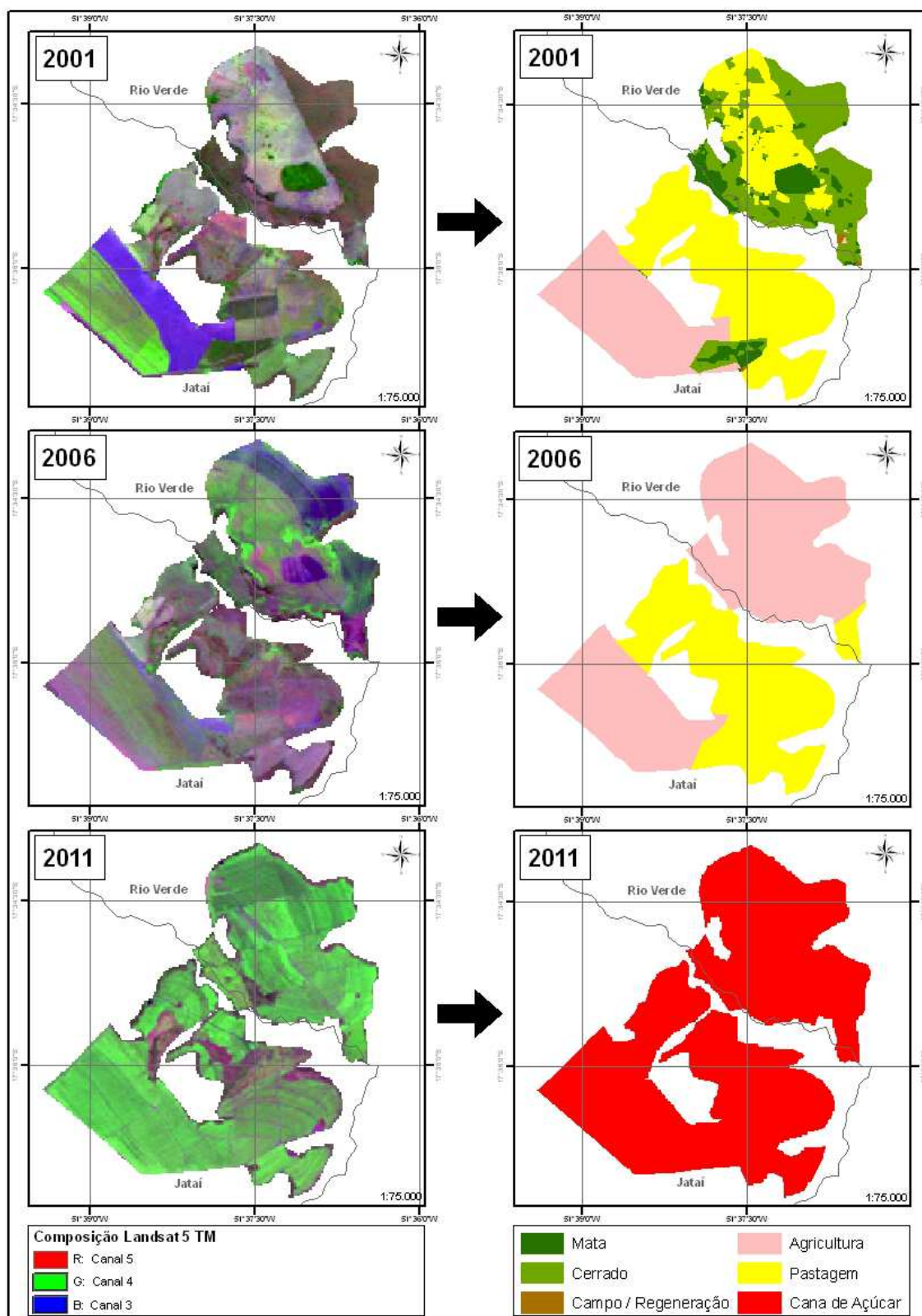


**Figura 21.** Cobertura e uso do solo em 2006 nas áreas com cana-de-açúcar em 2011, no sudoeste de Goiás. **Fonte:** INPE (2012); SIEG (2006). **Org.:** FRANCO, I. O. (2012).



**Figura 22.** Áreas cultivadas com cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás no ano de 2011.  
**Fonte:** INPE (2012). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

Para exemplificar uma análise temporal da cobertura e uso do solo em áreas que em 2011 foram substituídas por cana, fez-se um recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde. Na Figura 23 utilizou-se a composição colorida do Landsat 5, bandas 543RGB. Observa-se a dinâmica espacial de cobertura e uso do solo entre os anos de 2001 e 2006 indicando a perda de áreas de pastagem e de cerrado em detrimento do ganho de área de agricultura, já no ano de 2011 o estabelecimento da cana em substituição as áreas de pastagem e, principalmente, agricultura.



**Figura 23.** Análise temporal da cobertura e uso do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011 - recorte ampliado em uma área cultivada pela Usina Jataí, grupo Raízen, entre os municípios de Jataí e Rio Verde. **Fonte:** INPE (2012); SIEG (2006). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

#### **4.6 MODELAGEM PREDITIVA DE PRODUÇÃO: SIMULAÇÃO COM O MODELO DSSAT/CANEGRO**

Para obter informações agronômicas da cana-de-açúcar - quanto à época de plantio/colheita na região, variedades plantadas, exigências de clima e solo, área plantada e colhida, produtividade da cana e do açúcar e/ou etanol - foi aplicado um questionário em todas as usinas (APÊNDICE A), porém a maioria delas optou por não participar da pesquisa. Assim, a pesquisa concentrou-se em cinco usinas: Usina de Açúcar e Alcool Santa Helena, Usina Serra do Caiapó, Usina Decal, Usina Jataí e Energética Serranópolis. Duas empresas responderam na íntegra o formulário da pesquisa. Foram a Usina Decal e a Energética Serranópolis; portanto as simulações limitaram-se a estas duas usinas.

Como o modelo DSSAT/CANEGRO simula apenas para cana planta - 1º plantio - as simulações foram feitas para o ano-safra 2008/2009, coincidindo com o início da produção da Usina Decal de Rio Verde e com o fornecimento dos dados climáticos, fornecidos pelo INMET a partir de outubro de 2007.

As simulações foram feitas com dados climáticos de duas estações meteorológicas; para a Usina Energética Serranópolis foram utilizados os dados da estação do município de Jataí - município mais próximo - e para a Usina Decal utilizaram-se os dados da estação do município de Rio Verde. Para cada classe de solo testada - Latossolo Vermelho distroférico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho aluminoférico e Neossolo Quartzarênico órtico - foram realizadas simulações em duplicata, para cada estação meteorológica; ao final descartaram-se os resultados extremos, ou seja, aqueles considerados improváveis.

Na calibração do modelo foi desconsiderado o estresse hídrico, o uso de fertilizantes e defensivos. Neste sentido, o modelo expressou uma produtividade potencial esperada em relação às condições edafoclimáticas.

A variedade mais cultivada pela Energética Serranópolis é a RB867515, com 4.132 ha, o que corresponde a 36,8 % da área cultivada pela usina. O período de plantio é de fevereiro a março e a colheita de maio a novembro. A produtividade da cana-de-açúcar nos anos de 2007 a 2011 foi, respectivamente, de 62,5 t/ha, 75,1 t/ha, 85,8 t/ha, 78,2 t/ha e 80,1 t/ha.

Na Usina Decal, a principal variedade cultivada é a RB867515 com 1.550 ha, o que corresponde a 24,4% da área cultivada pela usina. O período de plantio é de 1º de

fevereiro a 15 de abril. A produtividade de cana-de-açúcar nos anos de 2008 a 2011 foi, respectivamente de, 110 t/ha, 105 t/ha, 86 t/ha e 80 t/ha.

A variedade de cana-de-açúcar testada na simulação foi a RB867515 devido a mesma ser a mais cultivada entre as duas usinas. Dentre as características desta variedade estão: a não exigência de solos férteis, maturação tardia, bom rendimento de transporte, boa resistência à colheita mecânica, excelente brotação de soca com palha, regular fechamento de entrelinhas, florescimento raro, excelente resposta a maturadores e boa tolerância à seca (MARIN, 2007). O modelo foi calibrado com a data de plantio de 1º fevereiro de 2008, com um ciclo de 16 meses até a colheita e espaçamento entre linhas de 1,5 m.

#### **4.6.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

Para Fauconier apud Barbieri & Villa Nova (1979), em temperaturas abaixo de 25°C ou acima de 35°C a cana apresenta lento crescimento e, máximo, quando varia de 30°C a 34°C, sendo praticamente nulo para temperaturas superiores a 38°C. A média das temperaturas máximas em Jataí foi de 34,8 °C no ano de 2008 e de 33,1 °C no ano de 2009. A mínima ficou em 12,5 °C e 11,8 °C, respectivamente, para esses anos. A mínima extrema foi de 2,4°C no mês de julho de 2008 e de 1,0 °C no mês de junho de 2009. A precipitação máxima mensal em Jataí foi de 383,8 mm em março de 2008 e de 326,8 mm em dezembro de 2009. A precipitação mínima ficou entre 0,0 mm e 5,8 mm em julho de 2008 e 2009, respectivamente, apresentando uma média mensal de 156,6 mm no ano de 2008 e de 142,7 mm no ano de 2009. O total anual foi de 1.868 mm no ano de 2008 e de 1.713 mm, no ano de 2009 (INMET, 2011).

A média de temperaturas máximas em Rio Verde foi de 31,2°C no ano de 2008 e de 32°C no ano de 2009 e a mínima ficou entre 15,2°C e 14,1 °C, com extremos de 9,8 °C e 5,8 °C no mês de junho de 2008 e de 2009, respectivamente. A precipitação máxima em Rio Verde foi de 402,4 mm e de 283,2 mm, respectivamente, em março de 2008 e de 2009; a mínima foi de 0,0 mm e de 5,4 mm em julho de 2008 e julho de 2009, ocorrendo uma média de 142,76 mm mensais no ano de 2008 e de 103,4 mm mensais

no ano de 2009. O total anual foi de 1.713 mm no ano de 2008 e de 1.240 mm no ano de 2009 (INMET, 2011).

As variações de temperatura e precipitação, em geral, favorecem a cultura em seus estágios de desenvolvimento até a maturação. Nesta fase, considera-se que a queda na temperatura tenha importância fundamental, sendo responsável pela redução do ritmo vegetativo e pelo acúmulo de sacarose nos colmos. Quando não ocorre a redução da temperatura, necessariamente deve ocorrer uma seca moderada para ocasionar a redução da alongação do internódio, resultando no aumento do teor de sacarose nos colmos (SCARPARI, 2007 apud MONTEIRO, 2009).

Prado et al. (2007) testaram as mesmas variedades de cana plantadas em Goianésia (GO) e Ribeirão Preto (SP), na mesma classe de solo, o Latossolo Vermelho acriférrico textura muito argilosa A moderado (LVwf), classe de solo muito representativa no Centro-Sul do Brasil. As duas regiões apresentaram precipitação pluviométrica semelhante (1.435 mm), porém, na região de Goianésia a distribuição durante o ano é mais irregular, com um período de deficiência mais longo e mais definido que em Ribeirão Preto. Além disso, na região de Goianésia ocorre maior taxa de evapotranspiração, resultando em maior perda de água do solo. Nos dois locais estudados, foram avaliadas cinco variedades (IAC873396, RB72454, RB855486, SP801816 e SP801842) em três cortes. A deficiência hídrica mais acentuada na região de Goianésia, aliada à maior evapotranspiração, foi responsável pela menor produtividade de cana-de-açúcar, quando comparada à região de Ribeirão Preto. Na média dos três cortes avaliados, essa redução foi de 16,8% em produtividade de colmos.

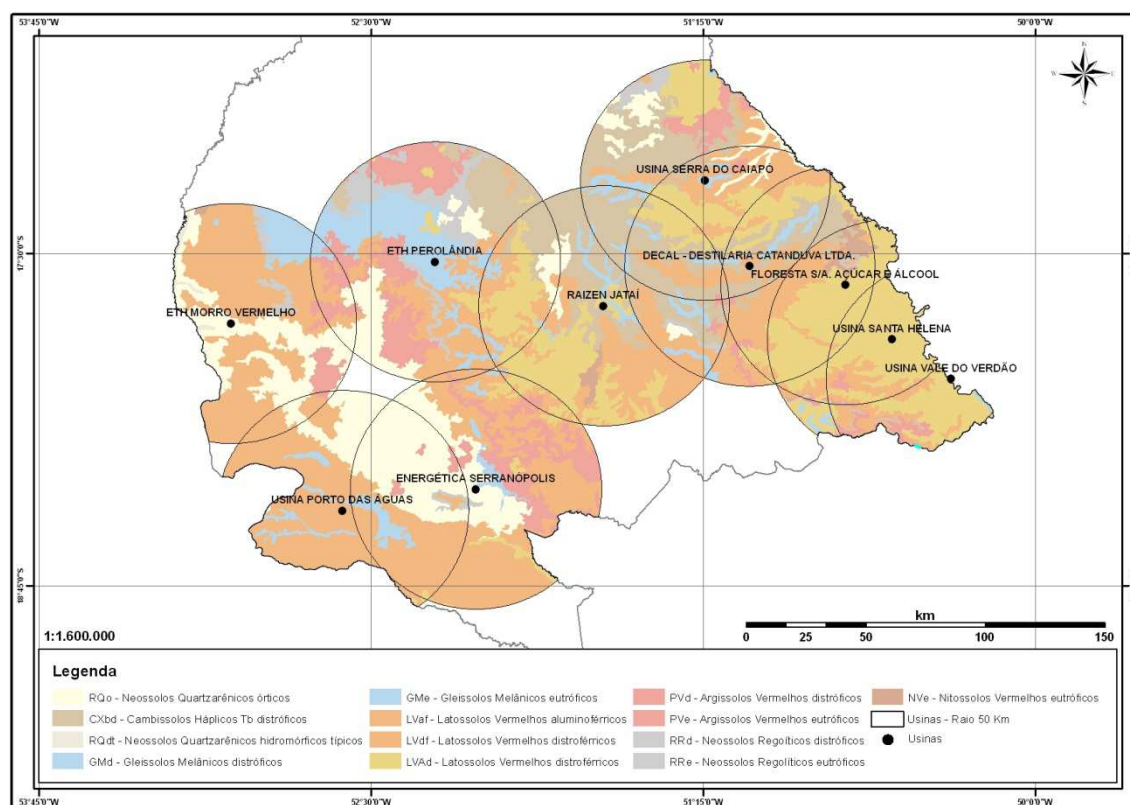
Dentre as cinco variedades observadas, a RB72454 apresentou interação com o ambiente de produção, mostrando que sua produtividade foi a mais afetada pela condição de restrição hídrica de Goianésia. Não houve interação para as demais variedades (IAC873396, RB835486, SP801842 e SP801816), mostrando que essas variedades têm maior estabilidade.



#### 4.6.2 CONDIÇÕES EDÁFICAS

No município de Rio Verde, onde se localiza a Usina Decal, 90% - 14.782 ha - dos canaviais no ano de 2011 estão cultivados sobre a classe Latossolo Vermelho aluminoférrico e Latossolo Vermelho distroférrico. Em Serranópolis, a Usina Energética Serranópolis apresenta 80% - 14.289 ha - dos canaviais cultivados sobre os Neossolos Quartzarênicos órticos.

Em todo o sudoeste de Goiás, estas duas classes são bem representativas das áreas de canaviais: os Latossolos correspondem a 206.785 ha e os Neossolos Quartzarênicos 29.892 ha (Figura 24).



**Figura 24.** Classes de solos identificadas em um raio de 50 km das usinas sucroalcooleiras do sudoeste de Goiás. **Fonte:** INPE (2012); RADAMBRASIL (1983) Adaptado do SIEG (2006). Org.: FRANCO, I. O. (2012).

Na Tabela 18, apresentam-se os ambientes de produção da cana-de-açúcar para a região Centro-Sul do Brasil, segundo Prado (2005). Verifica-se que os solos de ambiente A1, considerados de alto potencial de produtividade para a cana-de-açúcar



envolvem os solos como: Argissolos, Latossolos, Nitossolos, Gleissolos, Cambissolos e Chernossolos, desde que sejam eutróficos, eutroféricos ou mesotróficos, com CTC média/alta e apresentem alta disponibilidade de água. Já os solos de mais baixo potencial produtivo dizem respeito àqueles que não armazenam água, como os solos ácidos, ou os solos distróficos com CTC baixa, rasos e que apresentam caráter álico, como: Neossolos, Argissolos álicos e Latossolos álicos.

**Tabela 18.** Ambientes de produção de cana-de-açúcar de acordo com os atributos dos solos para a região Centro-Sul do Brasil.

Ambientes de Produção de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil			
2ª aproximação			
Ambientes	Produtividades (t/ha)	Atributos dos solos	Símbolos dos solos EMBRAPA (1999), PRADO (2004)
A1	>100	ADA, e, ef, m, CTC média/alta	PVAe <sup>(2)</sup> , PVe <sup>(2)</sup> , LVef, LVe, LVAe, CXe, NVef, NVe, MT*, MX*, GMe, GXe, GMm, GXm
A2	96 – 100	ADA, e, ef, CTC média/alta	PVAe <sup>(2)</sup> , PVe <sup>(2)</sup> , PAe <sup>(2)</sup> , LVef, LVe, LVAe, CXe, NVef, NVe
B1	92 – 96	ADA, m, mf, CTC média/alta	PVAm <sup>(2)</sup> , PVm <sup>(2)</sup> , PAm <sup>(2)</sup> , LVmf, LVm, LVAm, LAm, CXm
		ADM, mf, m, ma, CTC média/alta	NVmf, NVm, PVAm*
		ADB, ef, e, CTC média/alta	LVef, LVe, LVAe, Lae, NVef, NVe, PVAe <sup>(3)</sup> , PVe <sup>(3)</sup> , PAe <sup>(3)</sup> , CXe
B2	88 – 92	ADM, m, mf, CTC média/baixa	PVAm <sup>(2)</sup> , PVm <sup>(2)</sup> , PAm <sup>(2)</sup> , LVmf, LVm, LVAm, LAm, CXm
		ADA, ma, CTC média/alta	GMma, GXma
C1	84 – 88	ADM, d, CTC média/alta	PVAd <sup>(2)</sup> , PVd <sup>(2)</sup> , PAd <sup>(2)</sup>
		ADM, ma, CTC média/alta	LVAm*, LAma*
		ADB, d, df, CTC média/alta	LVd, LVdf, LVAd, LAd
C2	80 – 84	ADB, e, CTC média/alta	LVe, LVAe, LAe
		ADMB, ef, CTC média/alta	LVef
D1	76 – 80	ADB, w, wf, CTC	LVwf, LVw, LVAw, LAw

		media/alta		
		ADM, a, CTC		PVAa <sup>(2)*</sup> , PVA <sup>(2)*</sup> , PAa <sup>(2)*</sup>
D2	72 – 76	ADB, ma, CTC		LVma, LVAm, LAm
		media/alta		
		ADB, e, CTC alta, A chernozêmico		RLe
E1	68 – 72	ADB, a, CTC		PVAa <sup>(3)</sup> , PVA <sup>(3)</sup> , PAa <sup>(3)</sup>
		media/baixa		
		ADMB, ma, CTC		PVAm <sup>(4)</sup> , PVma <sup>(4)</sup> , PAm <sup>(4)</sup>
		media/baixa		
E2	<68	ADMB, wf, w, a, CTC		LVwf, LVw, LVAw, LAw, LVa, LVAa, LAa
		media/alta		
		ADMB, a, d, CTC		PVAa <sup>(4)</sup> , PVA <sup>(4)</sup> , PVAa <sup>(4)</sup> , PAa <sup>(4)</sup> , RQa, RQd
		media/baixa		
		ADMB, e, m, d, ma, a		RLe, RLm, RLd, RLma, RLa, PVAe <sup>(4)</sup>

**ADA:** água disponível alta, **ADM:** água disponível média, **ADB:** água disponível baixa, **ADMB:** água disponível muito baixa.

**LV:** Latossolo Vermelho, **LVA:** Latossolo Vermelho-Amarelo, **LA:** Latossolo Amarelo, **PVA:** Argissolo Vermelho-Amarelo, **PV:** Argissolo Vermelho, **PA:** Argissolo Amarelo, **NV:** Nitossolo Vermelho, **MT:** Chernossolo Argilúvico, **MX:** Chernossolo Háplico, **CX:** Cambissolo Háplico, **RQ:** Neossolo Quartzarênico, **RL:** Neossolo Litólico, **GX:** Gleissolo Háplico, **GM:** Gleissolo Melânico.

**ef:** eutrófico, **e:** eutrófico, **mf:** mesotrófico, **m:** mesotrófico, **df:** distrófico, **d:** distrófico, **wf:** acriférico, **w:** árico, **ma:** mesoálico, **a:** álico.

(1) horizonte B ocorrendo na profundidade de até 20 cm iniciais desde a superfície, (2) horizonte B ocorrendo na profundidade de 20 a 60 cm desde a superfície, (3) horizonte B ocorrendo na profundidade de 60-100 cm desde a superfície, (4) horizonte B ocorrendo na profundidade maior que 100 cm desde a superfície, (\*) mosqueamento ou variegado no horizonte B.

**Fonte:** Prado (2005).

#### 4.6.3 RESULTADO DSSAT/CANEGRO E CENÁRIOS DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS PELO SETOR SUCROALCOOLEIRO

No sudoeste de Goiás, a variedade RB867515, testada na simulação, apresentou no ano-safra 2008/2009 um ATR - Açúcar Total Recuperável - de 161,3 kg de açúcar/t de cana. As simulações foram testadas para: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho aluminoférico e Neossolo Quartzarênico órtico (Tabela 19, APÊNDICE C). A menor produtividade de sacarose esperada ocorreu em Neossolo Quartzarênico órtico e a maior em Latossolo Vermelho distrófico. Portanto, em condições agronômicas similares de clima e manejo, os solos, devido às suas características físicas, químicas e biológicas,

respondem de maneira diferente à produtividade da cana e, conseqüentemente, de sacarose.

**Tabela 19.** Produtividade esperada para as classes de solos simuladas.

<b>Variedade RB867515</b>	
<b>Classes de solos</b>	<b>Sacarose (kg/ha) Esperada (DSSAT)</b>
Latossolo Vermelho distroférrico - LVdf	25.034
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico - LVAd	21.414
Latossolo Vermelho aluminoférrico - LVaf	24.069
Neossolo Quartzarênico órtico - RQo	20.223

**Fonte:** FRANCO, I. O. (2012).

Na Tabela 20, observa-se que as simulações apresentaram resultados maiores do que os obtidos cerca de 4.479 kg de sacarose/ha para a Usina Decal em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e 6.391 kg de sacarose/ha para a Usina Energética Serranópolis em Neossolo Quartzarênico órtico. Comparando-se os resultados esperados nas duas classes de solos, pode-se afirmar que o modelo teve boa resposta, uma vez que os Neossolos Quartzarênicos órticos apresentaram uma produtividade de 1.200 kg/ha abaixo da encontrada para o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, indicando que os Latossolos são mais produtivos; portanto, a expansão da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás, provavelmente, tenderá a ocupar estes solos mais do que os Neossolos Quartzarênicos, tradicionalmente ocupados pelas pastagens degradadas.

**Tabela 20.** Produção de sacarose obtida e esperada da variedade RB867515 nas Usinas Decal e Energética Serranópolis no ano-safra 2008/2009.

	<b>Cana-de- açúcar (kg/ha) Obtida</b>	<b>Sacarose (kg/ha) Obtida</b>	<b>Sacarose (kg/ha) Esperada (DSSAT)</b>	<b>Classes de solos</b>
Decal	105.000	16.935	21.414	LVAd
Energética Serranópolis	85.760	13.832	20.223	RQo

**LVAd:** Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; **RQo:** Neossolo Quartzarênico órtico.

**Fonte:** FRANCO, I. O. (2012).

Através dos resultados de produtividades obtidas a campo e as simuladas, é possível montar cenários de ocupação das terras pelo setor sucroalcooleiro no sudoeste de Goiás.

Apesar da classe de solo mais representativa nas áreas cultivadas com cana no sudoeste de Goiás serem os Latossolos, no entanto, em sua maioria, estão sendo utilizados para a produção de grãos, principalmente de soja e milho.

Através da produtividade média, obtida no ano-safra 2008/2009 pela Usina Decal - 105 t/ha -, onde suas instalações industriais e áreas agrícolas estão ocupando uma expressiva faixa dos Latossolos - 89,8%, comparada à produtividade da usina Energética Serranópolis - 85,8 t/ha -, onde suas instalações industriais e áreas agrícolas estão ocupando uma faixa expressiva dos Neossolos Quartzarênicos - 80,6%, as produtividades das duas usinas podem ser explicadas, em parte, pelas diferenças edáficas, como resultado da fertilidade dos solos. Portanto, a Usina Decal apresenta vantagens em relação à produtividade devido à classe de solos a qual seus canaviais ocupam.

Entretanto, um fator que pode amenizar a disputa pelos solos mais férteis, é a disponibilidade de variedades de cana-de-açúcar mais adaptadas às condições de cultivo e manejo no Estado. Neste sentido, pode haver uma menor necessidade de expansão para novas áreas, se houver aumento na produtividade. Por outro lado, a maior competitividade entre as empresas poderá obrigar a uma expansão em área, principalmente, no caso do crescimento da demanda por etanol.

De fato, pode-se constatar que o notável aumento da área plantada e da produção, sobretudo a partir de 2007, deu-se, principalmente, por incorporação de novas áreas de plantio, à custa da conversão de pastagens e, sobretudo, de áreas de produção de grãos e muito pouco pela melhoria da produtividade. É esse modelo que continua sendo reproduzido na atual expansão do setor canavieiro no Estado de Goiás (NASSAR et al., 2008; FELTRAN-BARBIERI, 2009; RIBEIRO, 2010; RUDORFF et al., 2010; SILVA e MIZIARA, 2010).

Portanto, ao analisar a substituição do cultivo de grãos pela cana é possível verificar-se que a cana não está substituindo, exclusivamente nem prioritariamente, as pastagens degradadas. Com isso, outra questão que se levanta é: para onde as culturas de grãos e de pastos estão se deslocando e, também, para onde estará sendo direcionada a nova fronteira agrícola e se isto é comparável à expansão dos anos 1970.

Partindo desta ideia, Feltran-Barbieri (2009) coloca que a presença da cana-de-açúcar pode conduzir a dois cenários prováveis: (1) o convívio das culturas da cana e soja, caso esta última mantenha-se num preço elevado, compensando o cultivo em terras marginais, preservando-se a produção; (2) ou, a concorrência da cana prevalecerá, no caso das cotações do grão declinar com diminuição de áreas de lavouras de soja, o que poderá promover a migração dos sojicultores. Desse modo, considerando que as áreas de lavouras de soja são as mais convertidas em canaviais, o cultivo do grão em áreas marginais pode ser compensado, em termos de área, mas não em produção o que torna a competição da cana com a produção de alimentos um fato concreto. Caso a substituição se der em áreas de pastagens, dois fatos podem ocorrer: (1) a supressão de remanescentes de Cerrado; (2) imposição de um sistema intensivo de criação de bovinos, com confinamentos, aumentando a capacidade de lotação (número de cabeças/hectare).

Considera-se a expansão da cana no sudoeste de Goiás um fato recente. Apesar de o discurso político dominante apontar as pastagens degradadas como áreas prioritárias para a expansão, o que se observa é, de fato, a substituição prioritária de áreas de culturas anuais, em particular de soja, ao invés das áreas de pastagens, revelando-se, assim, intensa competição por terras a partir de 2007.

O que parece estar havendo é um grande reordenamento de uso dos solos na microrregião sudoeste de Goiás em função da demanda expansiva e acelerada do setor sucroalcooleiro. Assim, ainda que a cana não tenha grande participação em área de cultivo na microrregião sudoeste, cujo destaque cabe ainda indiscutivelmente à soja, é importante observar as tendências, sobretudo às consequências de como os impactos diretos e indiretos nas mudanças de uso dos solos podem ser preocupantes, sendo necessário melhor pesquisá-los e entendê-los.

## 5 CONCLUSÕES

Atribui-se, em parte, a expansão da cana-de-açúcar aos reflexos das variáveis econômicas e mercadológicas do setor e à crescente demanda de etanol a partir de 2003, como resposta ao incremento na produção dos veículos bicombustíveis.

Através do uso de imagens de satélite foi possível avaliar a expansão das áreas de cana no sudoeste de Goiás até o ano de 2011. Nesse ano, dos dezoito municípios do sudoeste, onze possuíam instalações industriais processadoras de cana-de-açúcar, quais sejam: Aporé (Nardini Agroindustrial Ltda), Chapadão do Céu (Usina Porto das Águas, grupo Cerradinho Açúcar e Álcool S.A.), Jataí (Usina Jataí, grupo Raízen), Mineiros (Usina Morro Vermelho, grupo Odebrecht), Montividiu (Destilaria Serra do Caiapó), Perolândia (Usina Perolândia, grupo Odebrecht), Rio Verde (Decal - destilaria Catanduva), Santa Helena de Goiás (Usina Santa Helena de Açúcar e Álcool, grupo Naoum), Santo Antônio da Barra (Usina Floresta S.A. - Açúcar e Álcool), Turvelândia (Usina Vale do Verdão) e Serranópolis (Energética Serranópolis).

O mapeamento revelou que a área cultivada com cana no sudoeste de Goiás é 91.549 ha a mais do que a informada pelo Canasat. A área total é de 263.549 ha, equivalente, portanto, a 36% da área cultivada com cana no Estado no ano-safra 2011/2012. Quanto às classes de solos, a mais representativa nas áreas cultivadas com cana é a dos Latossolos com 206.994 ha; destes, aproximadamente 74 % são de Latossolos Vermelhos distroférricos e 26 % são de Latossolos Vermelhos aluminoférricos. Já os Neossolos Quartzarênicos apresentam uma área cultivada com cana de 29.900 ha, o que corresponde a 11,34% das áreas de cana do sudoeste de Goiás no ano de 2011, conforme classificação de solos da Embrapa (2006).

Quanto às coberturas de solo substituídas por cana-de-açúcar, de toda área cultivada com cana no sudoeste de Goiás no ano de 2011, 55%, 28% e 17% ocorreram em áreas onde, em 2006, eram de agricultura, pastagem e cerrado, respectivamente. Deste modo, as áreas de agricultura representaram mais da metade de todas as áreas substituídas por cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás, no ano de 2011, comprovando a disputa entre o setor carne/grãos e a preferência por áreas de agricultura, devido às vantagens agronômicas - fertilidade química e física, topografia, acesso -, sugeridas pelas respostas dos funcionários aos questionários aplicados nas usinas.

As simulações, pelo modelo DSSAT/CANEGRO, deram resultados satisfatórios e confirmaram a busca dos usineiros pelas melhores terras, já que tanto a produtividade da cana obtida pelas usinas quanto à esperada pela simulação responderam que os Latossolos são a classe de solos mais favorável e de melhor produtividade, quando comparada aos Neossolos Quartzarênicos. Neste sentido, a usina Decal, com seus canaviais cultivados em Latossolos, apresentou uma produtividade de 3.103 kg de sacarose/ha a mais do que a usina Energética Serranópolis, onde a classe predominante de solos cultivados com cana são os Neossolos Quartzarênicos. Nas simulações os resultados do modelo DSSAT/CANEGRO indicam que os Neossolos Quartzarênicos produz cerca de 1.200 kg/ha de sacarose a menos do que a encontrada nos Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos.

Portanto, com a expansão da cana-de-açúcar para os solos mais férteis, poderá ocorrer uma diminuição das áreas para produção de carne e grãos, impactando a produção de alimentos, o que resultará no aumento dos preços desses produtos e consequentemente induzindo à substituição das pastagens e áreas remanescentes de Cerrado para a implantação de novas áreas agrícolas.

Assim, os impactos diretos mais evidentes da expansão das áreas de cana são a competição por terras de uso para agricultura, o risco de novos desmatamentos, além da poluição do ar pelas queimadas, a contaminação dos solos e águas, decorrentes tanto do manejo agrícola como do processo industrial. Neste sentido, torna-se importante a realização de novas pesquisas com o intuito de monitorar esta recente expansão da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás.

## 6 REFERÊNCIAS

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

Disponível em: <[www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability)> Acesso em: mai. 2012.

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. **Revista de Engenharia Agrícola** 29, 2009. p. 440-451.

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; ADAMI, M.; MELLO, M. P. Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sens**, 3, 2011. p. 2682-2703.

Disponível em: <[www.mdpi.com/journal/remotesensing](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing)> Acesso em: mar. 2012.

ANDRADE, M. C. de. **Modernização e pobreza**: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social. São Paulo: Unesp, 1994. 250p.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

**Publicação mensal da associação nacional dos fabricantes de veículos automotores.**

Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/cartas/Carta309.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2012.

ASSUNÇÃO H. F. da.; SCOPEL I.; SANTOS W. B. Caracterização espacial do clima no município de Jataí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis. 1999. p. 207-209.

BARBIERI, V.; BACCHI, O. O. S.; VILLA NOVA, N. A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1979, Mossoró. **Anais...** Mossoró: SBA, v. 1, 1979. p. 6-8.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.1, jan./abr. 1987. p. 11-33.

CASTRO, S. S. de; BORGES, R. de O.; AMARAL, R. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no Estado de Goiás: subsídios para uma avaliação potencial de impactos ambientais. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 60, 2008, Campinas. **Anais eletrônicos...** São Paulo: SBPC/UNICAMP, 2008. Disponível em:

<<http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra>> Acesso em: jul. 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor de Açúcar e Alcool no Brasil**. CONAB: Brasília, Brazil, 2008. 76 p.



CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Levantamentos nacionais da safra de cana-de-açúcar**. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_12\\_08\\_11\\_00\\_54\\_08.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf)> Acesso em: mar. 2012.

COSTA, P. **Resposta político-econômica às mudanças climáticas: Origem, situação atual e incertezas do mercado de créditos de carbono**. 2004. Dissertação de Mestrado. Escola de Administração/Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2004.

COUTINHO, L. M. **Aspectos do Cerrado**. Vegetação. Estação Gráfica Ltda. São Paulo. 2000. Disponível em: <[http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_vegetacao.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_vegetacao.htm)> Acesso em: mar. 2012.

DEMATTE, J. L. I. Manejo e conservação de solos, na cultura da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, jan./jun. 2004. p. 8-17.

DILLEWIJN, C. V. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Yield response to water Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO – **Irrigation and Drainage Paper** n. 33), 1979. 193 p.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB – Universidade Federal da Paraíba. (Estudos FAO: **Irrigação e Drenagem**, 33). 1994. 306 p.

EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental/ COSAN S. A. Unidade Jataí. **Implantação de unidade produtora de açúcar e álcool na Fazenda Santo Antônio do Rio Doce, em Jataí – GO**, Estudo de Impacto Ambiental - EIA. DBO ENGENHARIA LTDA, 2007. 415 p.

EMBRAPA SOLOS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. p. 123-283; 403-404.

EMBRAPA SOLOS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA SOLOS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Org. Celso Vainer Manzatto... [et al.]. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm)> Acesso: fev. 2010.

FELTRAN-BARBIERI, R. **Biocombustíveis, controvérsia agrícola na economia do petróleo: o caso do etanol no Cerrado**. 2009. 231 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FERREIRA JUNIOR, L. G. ; FERREIRA, M. E. ; ROCHA, G. F. ; NEMAYER, M. ; FERREIRA, N. C. . Dinâmica agrícola e desmatamentos em áreas de cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada. **Revista Brasileira de Cartografia** (Impresso), v. 61, 2009, p. 117-127. Disponível em: <[http://www.rbc.ufrj.br/\\_2009/61\\_2\\_04.htm](http://www.rbc.ufrj.br/_2009/61_2_04.htm)> Acesso em: jun. 2010.

FRANCO, Í. O. **Modelagem espacial da expansão canavieira no sudoeste de Goiás**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás, 2012.

GASCHO, G.J. & SHIH, S.F. **Sugarcane**. In: TEARE, I.D. & PEET, M.M., ed. Crop-water relations. New York, JohnWiley, 1983. 547 p.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, Washington, v. 315, 2007. p. 808-810.

GOLDEMBERG, J. The brazilian biofuels industry. **Biotechnology for biofuels**, v.1/6, 2008. p. 1-6.

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. Gabinete Civil da Governadoria. Superintendência de Legislação. Disponível em: <[http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis\\_ordinarias/2006/lei\\_15834.htm](http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2006/lei_15834.htm)> Acesso em: 13 jan. 2010.

GUERRA, A. J. T.; PEREIRA, J. B. da S.; KASSAB, M. M.; FIGUEIREDO, P. R. H de; ALMEIDA, V. J.; REGIS, W. D. E. **Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento agrícola da terra do sudoeste de Goiás**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 212 p.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Produção Agrícola Municipal - PAM. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11> Acesso em: mar. 2012.

INMAN-BAMBER, N.G. A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. **South African Journal of Plant Soil**, Mount Edgecombe, v. 8 n. 2, fev. 1991. p. 93-99.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de Estações**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>> Acesso em: dez. 2011.

INPE/CANASAT - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Mapeamento da Cana via Imagens de Satélite de Observação da Terra**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/canasat>> Acesso em: mar. 2012.

IPEADATA. Tema: Agropecuária. Nível: Estados. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>> Acesso em: mar. 2012.

JAME, Y. W.; CURTFORTH, H. W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, 1996. p. 9-19.

JAMES, G. **Sugarcane**. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2004. 216 p.

JANK, M. S. **Dinâmica e perspectiva dos biocombustíveis no Brasil e no mundo**. ICONE. São Paulo, 2007. Disponível em:  
<<http://www.iconebrasil.com.br/arquivos/noticia/1266.pdf>> Acesso em: set. 2010.

JANK, M. S. & NAPPO, M. Etanol de cana-de-açúcar: uma solução energética global sob ataque. In: ABRAMOVAY, R. (org.) **Biocombustíveis: a energia da controvérsia**. São Paulo: Ed. Senac, 2009.

JONES, C. A.; KINIRY, J. R. **Ceres – Maize: a simulation model of maize growth and development**. Texas: A & M University Press, 1986. 194 p.

JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W. D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P. W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 18, 2003. p. 235-265.

JONES, M.; PORTER, C.; JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; SINGELS, A.; SHINE, J.; NAYAMUTH, R.; KINGSTON, G.; CHINORUMBA, S.; VAN DEN BERG, M. Incorporating the DSSAT/CANEGRO sugarcane model into the DSSAT V4 crop modeling system. **Proceedings International Society Sugar Cane Technology**, Mont Edgecombe, v. 26, 2007. p. 438-443.

KOFFLER, F.N.; DONZELI, P. L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**, Campinas: Fundação Cargill, 1987. Cap. 1. p.19-41.

LEPSCH, I. F. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Coord.) **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.83-98.

LIMA, G. A. **Cultura da cana-de-açúcar**. 1984. 159 p.

LIMA, D. A. L. L. **Estrutura e expansão da agroindústria canavieira do Sudoeste Goiano: Impactos no uso do solo e na estrutura fundiária a partir de 1990**. 2010. 248 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2010.

LISSON, S. N.; INMAN-BAMBER, N. G.; ROBERTSON, M. J.; KEATING, B. A. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 2/3, 2005. p. 321-335.

LIU, D. L.; BULL, T. A. Simulation of biomass and sugar accumulation in sugarcane using a process – based model. **Ecological Modeling**. Amsterdam, v. 144, 2001. p.181-211.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”:** características, propriedades e manejo. 2<sup>o</sup>ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. p.3-11.

MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVAREZ, V. H. et al. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa: UFV, 1996. p.135-155.

MACEDO, I. de C. Competitividade da agroindústria brasileira da cana-de-açúcar. In: MACEDO, Isaias de Carvalho (Org). **A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade.** São Paulo: Berlendis & Vertecchia: UNICA, 2005. p.191-199.

MALHEIROS, T. F.; HANAI, F. Y. **Palestra proferida no Workshop sobre Avaliação Integrada de Sustentabilidade no contexto do Etanol.** Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos. 13 e 14 de abril de 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário Estatístico da Agroenergia 2010.** Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/anuario\\_agroenergia/index.html](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html)> Acesso em: fev. 2011.

MARIN, F. R. Variedades de cana-de-açúcar. 2007. EMBRAPA – Agência de informação Embrapa. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_42\\_1110200717570.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html)> Acesso em: dez. 2011.

MARIN, F. R.; LOPES-ASSAD, M. L.; ASSAD, E. D.; VIAN, C. E.; SANTOS, M. C. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, 2008. p.1449-1455.

MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. Cana de açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília: INMET, 2009. p.111-130.

MELLO, E. B.; CANEPA, E. L.; COSTA, M. M. **Visões ambientais para o financiamento de biocombustíveis no Brasil.** Departamento de Meio Ambiente do BNDES. Disponível em: <[http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/15\\_financiamento\\_biocombust\\_BNDES.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/15_financiamento_biocombust_BNDES.pdf)> Acesso em: out. 2010.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Brasil, EUA e EU divulgam relatório sobre especificação de biocombustíveis.** 2008. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/portalmDIC/sitio/interna/noticia.php?area=1&noticia=7977>> Acesso em: out. 2010.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira do Exercício 2006** (preliminar). Brasília-DF, 2007.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. S.; SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M. História e morfologia da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p.11-18.

NASSAR, A. M.; RUDORFF, L. B. A.; AGUIAR, D. A.; BACCHI, M. R. P.; ADAMI, M. Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. In: ZUURBIER, P. and VOOREN, J.V. (Edit) **Sugarcane Ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**. 1st Ed. Wageningen Publs. Wageningen, 2008. p.63-94.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. Sistema agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica. **Revista de Economia Aplicada**, v.11, 2007. p.587-604.

O' LEARY, G. J. A review of three sugarcane simulation models with respect to their prediction of sucrose yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 68, 2000. p.97-111.

PIRES, M. J. de S. **As implicações do processo de modernização conservadora na estrutura e nas atividades agropecuárias da região centro-sul de Goiás**. 2008. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2008.

PONTI, L; GUTIERREZ, A. P. Overview on biofuels from a european perspective. **Bulletin of Science Technology & Society**. 29, 2009. 493 p.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. In: **Potafós. Encarte do Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.110, jun. 2005. p. 12-17.

PRADO, H. **Pedologia fácil: aplicações na agricultura**. Piracicaba, 2007, 105 p.

PRADO, H.; VASCONCELOS, A. C, M.; LANDELL, M. G. de A.; PERECIN D.; XAVIER, M. A. **Produtividade da cana-de-açúcar em Latossolos ácricos sob diferentes condições de disponibilidade hídrica**. Disponível em: <[http://www.pedologiafacil.com.br/artig\\_5.php](http://www.pedologiafacil.com.br/artig_5.php)> Acesso em: 21/08/2010.

RAMOS-NETO, M. B. & FELTRAN-BARBIERI, R. The truth about brazilian sugarcane etanol. **Revista Biomass & Bioenergy**, jun. 2009.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ, Depto. Física e Metereologia, 1996. 513p.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Cap. VI IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. **Cerrado Ecologia e Flora**, Embrapa Cerrado. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. 406 p.

RIBEIRO, N. V. **Expansão sucroalcooleira no Bioma Cerrado: tendências, cenários e impactos**. 2010. 84 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

RIDESA - **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. UFAL – Universidade Federal de Alagoas. CECA - Centro de Ciências Agrárias. Disponível em: <<http://www.ridesa.com.br>> Acesso em: mar. 2012.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Barros & Marques Editora Eletrônica, 2006. 216 p.

RIZZO, L. T. B.; ORLANDO, F. J. Estimativa de distribuição da cultura de cana-de-açúcar nos solos do estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.96, n. 5, 1980. p.27-44.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências. Campus de Botucatu. Botucatu – São Paulo, 1995. 99 p.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. **Estudos sobre a rápida expansão da cana para produção de etanol no Estado de São Paulo (Brasil) utilizando dados do Landsat**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR). São José dos Campos, São Paulo, Brasil. Publicado em: 09. abr. 2010.

SCARPARI, M. S. **Modelos de previsão para a produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) através de parâmetros climáticos**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 415 p.

SEPLAN – **Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás**. Disponível em: <[www.seplan.go.gov.br/sepin](http://www.seplan.go.gov.br/sepin)> Acesso em 23/fev./2012.

SIEG – **Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Cobertura e Uso do Solo do Estado de Goiás do ano de 2006**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>> Acesso em: out. 2011.

SIFAEG - **Sindicato da Indústria de Fabricação de Alcool do Estado de Goiás**. Disponível em: <<http://www.sifaeg.com.br>> Acesso em: 11/mar./2012.

SILVA, O. & FISCHETTI, D. **Etanol: a revolução verde e amarela**. São Paulo: Bizz Editorial, 2008.

SILVA, A. A.; MIZIARA, F. A expansão da fronteira agrícola e a localização das usinas de cana-de-açúcar. **Revista Sociedade & Natureza**. Março de 2010.

SILVA, W. F. da. **O avanço do setor sucroenergético no cerrado: os impactos da expansão canavieira na dinâmica socioespacial de Jataí (GO)**. 2011. 228 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás, 2011.

SINGELS, A.; BEZUIDENHOUT, C.N. A new method of simulating dry matter partitioning in the DSSAT/CANEGRO sugarcane model. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 78, 2002. p. 151-164.

SINGELS, A.; JONES, M.; VAN DER BERG, M. DSSAT v. 4.5 DSSAT/CANEGRO: Sugarcane Plant Module; **scientific documentation**. Mount Edgecombe: International Consortium for Sugarcane Modeling, South African Sugarcane Research Institute, 2008. 34 p.

SOLER, C. M. T. **Uso do modelo CERES-MAIZE para previsão de safra do milho “safrinha”**. 2004. 146 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SZMRECSÁNYI, T; RAMOS, P; RAMOS FILHO, L. O.; VEIGA FILHO, A. de A. **Dimensões, riscos e desafios da atual expansão canavieira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

UNICA - União da Agroindústria de Cana-de-açúcar. **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética** / [coordenação e organização Eduardo L. Leão de Souza e Isaias de Carvalho Macedo]. - São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. 315 p.

UNICA - União da Agroindústria de Cana-de-açúcar. **Setor Sucroenergético - Mapa da Produção**. Disponível em:

<<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={D6C39D36-69BA-458D-A95C-815C87E4404D}>> Acesso em: mar. 2012.

**USINA DECAL** – DESTILARIA CATANDUVA LTDA. Aplicação do questionário e entrevista com Sr. Enivaldo, responsável agrícola. Rio Verde – GO, set. 2011.

**USINA ENERGÉTICA SERRANÓPOLIS**. Aplicação do questionário e entrevista com Sr. Osmar, responsável agrícola. Serranópolis – GO, mar. 2012.

**USINA JATAÍ – RAÍZEN**. Aplicação do questionário e entrevista com Sr. Bruno Almeida, responsável agrícola. Jataí – GO, nov. 2011.

**USINA SANTA HELENA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL** – NAOUM. Aplicação do questionário e entrevista com Sr. Fábio, assistente social. Santa Helena de Goiás – GO, jul. 2011.

**USINA SERRA DO CAIAPÓ**. Aplicação do questionário e entrevista com Sr. Indiomar, gerente administrativo e o Sr. Dirceu, gerente agrícola. Montividiu – GO, jul. 2011.

VAN DILLEWIJIN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

WAACK, R. S. & NEVES, M. F. **Competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar**. In: COMPETITIVIDADE NO AGRIBUSINESS BRASILEIRO. São Paulo, coordenação: FARIANA, E. M. M. Q. & Zilbersztajn. IPEA, PENSA, USP. v.5, 1998. 194 p.



**APÊNDICE A**

**A1.** Questionário aplicado às usinas sucroalcooleiras instaladas na microrregião sudoeste de Goiás.

**QUESTIONÁRIO USINAS SUCROALCOOLEIRAS – SUDOESTE DE GOIÁS**  
**Universidade Federal de Goiás – UFG Campus Jataí**  
**Programa de Pós Graduação em Geografia**

**PESQUISA DE CAMPO – USINAS SUCROALCOOLEIRAS DO SUDOESTE DE GOIÁS**

Responsável: Íria Oliveira Franco

data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

- 1 - Município: \_\_\_\_\_  
 2 - Coordenadas geográficas: \_\_\_\_\_  
 3 - Identificação da empresa: \_\_\_\_\_  
 Ano de fundação da empresa: \_\_\_\_\_  
 4 - Entrevistado: \_\_\_\_\_

**I – DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO E PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

5 – Cite em ordem crescente os três principais critérios para a escolha da área para construção da planta industrial.

\_\_\_\_\_

6 – Quais os critérios importantes para definição das áreas a serem substituídas por cana? (Enumere em ordem crescente de importância).

- ( ) ser área de pastagem degradada
- ( ) ser área de pastagem não degradada
- ( ) ser área de lavoura
- ( ) ter declividade menor que 12%
- ( ) estar a um raio de 30 km da usina
- ( ) ter boa fertilidade do solo
- ( ) ter expectativas de rendimentos favoráveis
- ( ) ter sucesso na negociação com proprietários

7 - Qual o tamanho das áreas utilizadas pela empresa para a produção de cana-de-açúcar nos seguintes períodos:

Safra	Área arrendada	Área de fornecedor	Área própria	Área total
2006/2007				
2007/2008				
2008/2009				
2009/2010				
2010/2011				

8 – Série histórica da produção industrial da empresa:

Safra	Cana (t)	Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	Açúcar (t)	Etanol Anidro (m <sup>3</sup> )	Etanol Hidratado (m <sup>3</sup> )
2006/2007					
2007/2008					
2008/2009					
2009/2010					
2010/2011					

9 – Quais as variedades mais cultivadas pela usina? Qual o tamanho da área para cada variedade mais cultivada?

---

10 – Quais as épocas de plantio e de colheita?

---

11 – Qual a porcentagem de plantio e colheita mecanizada?

---

12 - Quais as principais classes de solos cultivadas com cana-de-açúcar?

---

13 – Qual a capacidade de moagem da usina?

---

## II - VIAS DE ABASTECIMENTO

14 - A empresa faz arrendamentos na região?

Não  Sim

Se sim, há quanto tempo?

---

15 - Quais os critérios de arrendamento utilizados pela empresa na região? Qual é o preço oferecido para arrendamento? Existe diferença no preço pago e no tempo de vigência entre áreas de pastagem e áreas de lavoura?

---



---

## III – SUBSTITUIÇÃO DE CULTURAS

16 – O que era produzido anteriormente, nas novas áreas adquiridas pela usina? Qual a participação em média desta produção na área total?

---

17 – O que era produzido nas áreas arrendadas pela usina? Qual a participação em média desta produção na área total?

---

18 – Os fornecedores autônomos produziam o que antes da produção de cana? Qual a participação em média desta produção na área total?

---

---

19 – O que é produzido nas áreas das usinas durante o período de rotação de cultura?

---

20 – Quais as extensões de áreas com outras atividades?

---

---

## APÊNDICE B

**B1.** Séries temporais – 2001 e 2006 – de coberturas e usos do solo substituídos pela cana-de-açúcar no ano de 2011 entre os municípios do sudoeste de Goiás.

	Aporé				Castelândia			
	2001		2006		2001		2006	
<b>Coberturas do solo</b>	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	119,5	2,0	106,6	1,78	470,1	4,12	82	0,72
Cerrado	29,7	0,5	240,8	4,01	82,4	0,72	11,2	0,1
Campo/Regeneração	577,9	9,6	592,4	9,87	99,8	0,87	8,7	0,07
Agricultura	17,8	0,3	3.219,4	53,65	3.656,9	32,03	3,3	0,03
Pastagem	5.256,3	87,6	1.840,3	30,67	2.126,8	18,63	0	0
Cana	0	0	1,7	0,03	4.981	43,63	11.295,6	99,08
Total	6.001,2	100	6.001,2	100	11.417,1	100	11.400,8	100

	Chapadão do Céu				Jataí			
	2001		2006		2001		2006	
<b>Coberturas do solo</b>	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	599,5	1,65	0	0	379,1	2,74	88,7	0,64
Cerrado	2.248	6,19	611,8	1,69	303,6	2,2	365,6	2,65
Campo/Regeneração	776,7	2,14	231,3	0,64	384,3	2,78	172,4	1,25
Agricultura	28.355,8	78,06	34.365,5	94,8	8.188,6	59,23	9.045,4	65,44
Pastagem	4.347,5	11,97	852,9	2,35	4.568,4	33,04	4.149,2	30,02
Cana	0	0	186,7	0,52	1,7	0,01	0	0
Total	36.327,4	100	36.248,3	100	13.825,7	100	13.821,2	100

	Maurilândia				Mineiros			
	2001		2006		2001		2006	
<b>Coberturas do solo</b>	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	647,1	2,65	166,6	0,69	3.033,4	5,83	2.023,4	3,91
Cerrado	113,5	0,47	7,4	0,03	9.973,3	19,17	7.416,5	14,33
Campo/Regeneração	62	0,25	6,1	0,03	5.978	11,49	9.327,9	18,03
Agricultura	0	0	0	0	10.587,5	20,35	12.728,2	24,6
Pastagem	4.433,8	18,19	2.345,4	9,64	22.450,9	43,16	20.220,5	39,07
Cana	19.122,8	78,44	21.806,4	89,62	0	0	34,3	0,07
Total	24.379,2	100	24.332	100	52.023,2	100	51.750,8	100

	Montividiu				Perolândia			
	2001		2006		2001		2006	
<b>Coberturas do solo</b>	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	23,4	1,24	0	0	129,4	1,53	263,1	3,11

Cerrado	1,8	0,1	0	0	471,8	5,56	352,2	4,16
Campo/Regeneração	0,8	0,04	0	0	18,6	0,22	35,8	0,42
Agricultura	1.381,6	73,14	1886,8	100	7.862,3	92,64	7.818,0	92,29
Pastagem	481,3	25,48	0	0	4,7	0,06	1,7	0,02
Cana	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1.889	100	1886,8	100	8.486,9	100	8.470,8	100

	Portelândia				Rio Verde			
	2001		2006		2001		2006	
Coberturas do solo	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	0	0	7,3	0,79	547	3,32	189,7	1,15
Cerrado	0	0	48,8	5,27	395,9	2,4	42,1	0,26
Campo/Regeneração	0	0	24,0	2,59	89	0,54	4,1	0,03
Agricultura	924	100	2,6	0,29	3.084,2	18,72	4.406,8	26,81
Pastagem	0	0	843,9	91,06	5.645,5	34,26	2.816,3	17,14
Cana	0	0	0	0	6.715,3	40,76	8.976,4	54,62
Total	924	100	926,7	100	16.477	100	16.435,4	100

	Santa Helena de Goiás				Santa Rita do Araguaia			
	2001		2006		2001		2006	
Coberturas do solo	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	1.971,1	3,12	361,4	0,57	0	0	44,4	1,48
Cerrado	490	0,78	37,6	0,06	1.730	57,66	1.041,5	34,79
Campo/Regeneração	273,8	0,43	0	0	351,1	11,7	820,7	27,41
Agricultura	6.616,6	10,46	3.132,3	4,96	0,7	0,02	0	0
Pastagem	19.429	30,71	3.292	5,21	918,5	30,61	1.087,6	36,32
Cana	34.476,7	54,5	56.353,6	89,2	0	0	0	0
Total	63.257,2	100	63.176,8	100	3.000,2	100	2.994,2	100

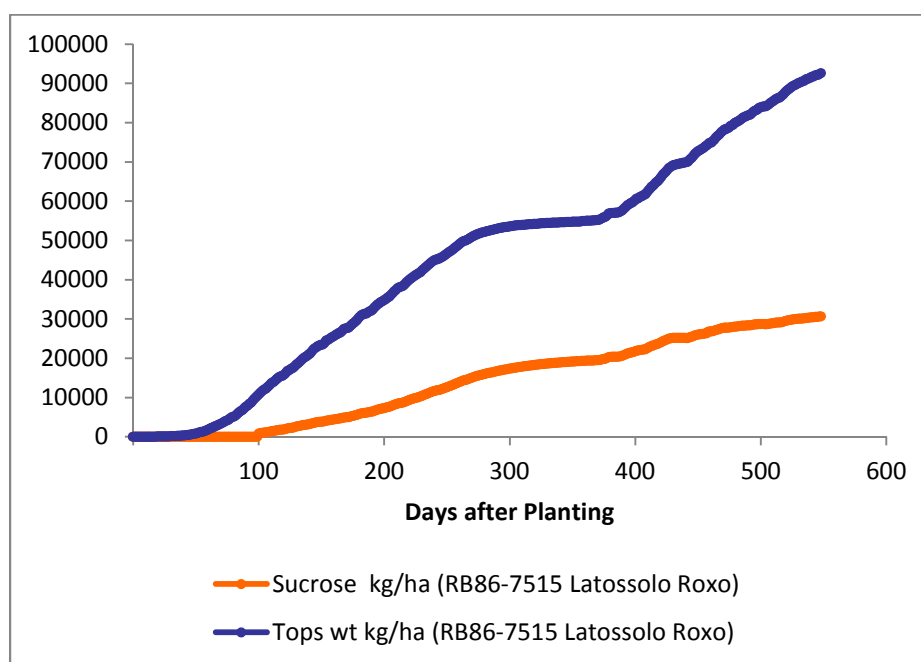
	Santo Antônio da Barra				Serranópolis			
	2001		2006		2001		2006	
Coberturas do solo	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Mata	185,7	2,31	69,6	0,87	263,4	1,49	85,5	0,48
Cerrado	33,2	0,41	19,1	0,24	1.370,5	7,73	395,5	2,23
Campo/Regeneração	27,6	0,34	2,8	0,04	1.734,5	9,78	1.819,3	10,26
Agricultura	5.071,7	63,05	7.950,2	98,81	1.234,9	6,96	6.168,6	34,79
Pastagem	2.725,6	33,89	2,3	0,03	13.116,9	73,97	9.262,6	52,24
Cana	0	0	1,7	0,02	13	0,07	0	0
Total	8.043,8	100	8.045,7	100	17.733,3	100	17.731,6	100

## APÊNDICE C

### C1. Resultados da simulação no modelo DSSAT/CANEGRO.

Latossolo Vermelho distroférico - VARIEDADE RB867515

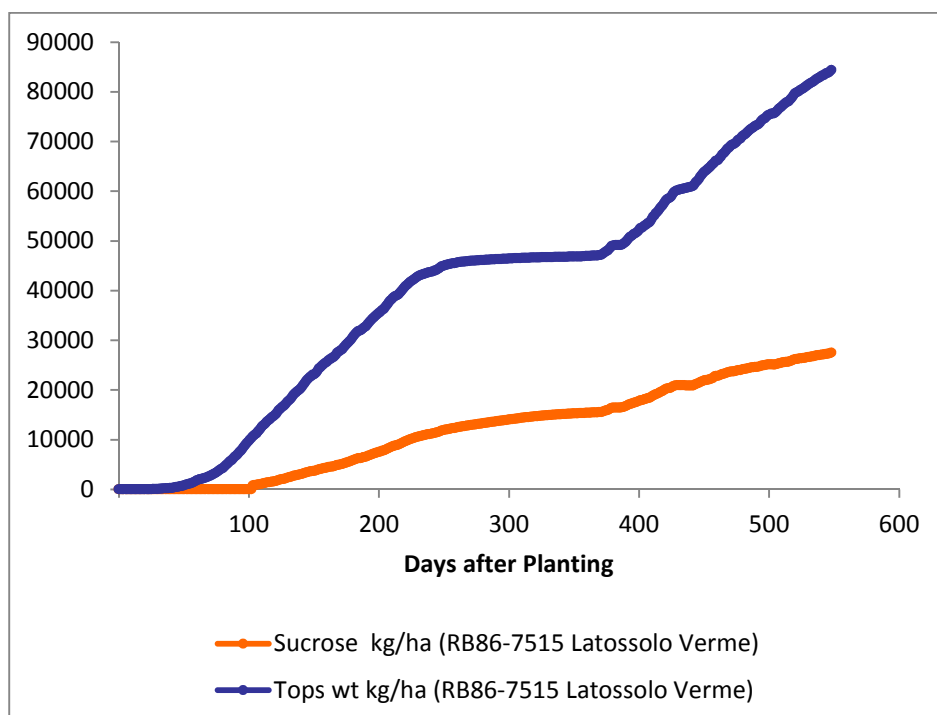
VARIABLE	PREDICTED
SUCROSE YIELD (kg/ha)	25034
HARVEST INDEX (sucrose % dm)	54.2
BIOMASS YIELD (kg/ha)	66665
STALK YIELD (kg/ha)	46156
BLADE AND SHEATH YIELD (kg/ha)	8444
TRASH YIELD (kg/ha)	12064
LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	3.3
LIGHT INTERCEPTION (%)	93.5
GREEN LEAF NUMBER (#/stalk)	8.4
LEAF TIPS (#/stalk)	43
STALK HEIGHT (m)	2.25
STALK DENSITY (stalks/m <sup>2</sup> )	15.5



**Figura C2.** Simulação de sacarose e biomassa da variedade RB867515 cultivada em Latossolo Vermelho distroférico. **Fonte:** DSSAT/CANEGRO (2012).

## Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico - VARIEDADE RB867515

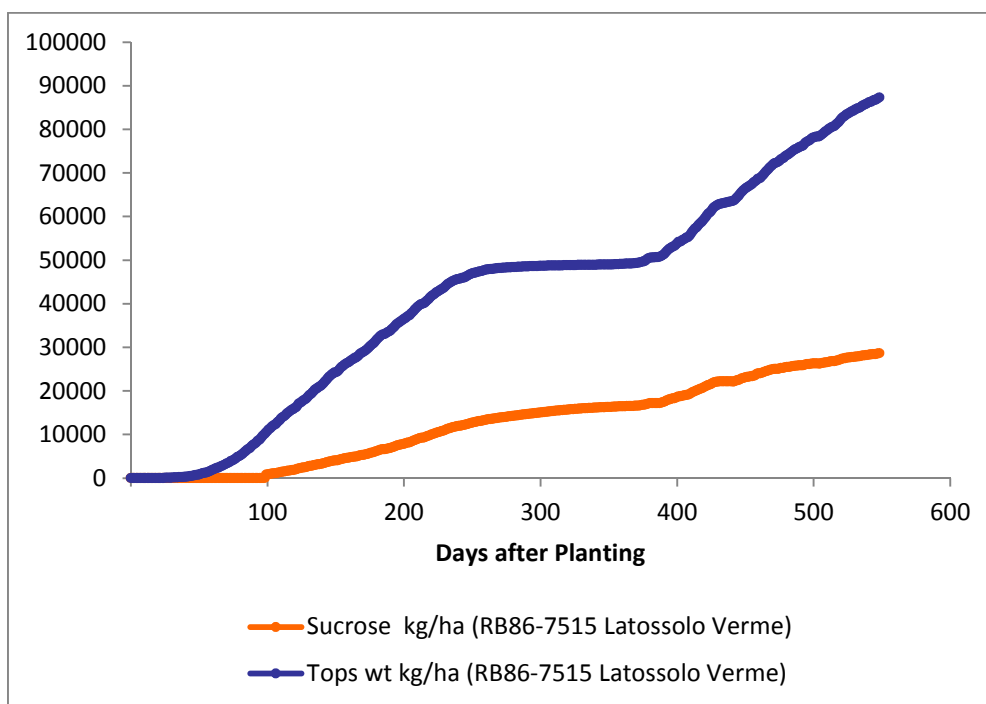
VARIABLE	PREDICTED
SUCROSE YIELD (kg/ha)	21414
HARVEST INDEX (sucrose % dm)	53.0
BIOMASS YIELD (kg/ha)	59366
STALK YIELD (kg/ha)	40419
BLADE AND SHEATH YIELD (kg/ha)	8000
TRASH YIELD (kg/ha)	10946
LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	2.1
LIGHT INTERCEPTION (%)	82.7
GREEN LEAF NUMBER (#/stalk)	7.6
LEAF TIPS (#/stalk)	42
STALK HEIGHT (m)	1.97
STALK DENSITY (stalks/m <sup>2</sup> )	15.5



**Figura C3.** Simulação de sacarose e biomassa da variedade RB867515 cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Fonte:** DSSAT/CANEGRO (2012).

## Latossolo Vermelho aluminoférrico - VARIEDADE RB867515

VARIABLE	PREDICTED
SUCROSE YIELD (kg/ha)	24069
HARVEST INDEX (sucrose % dm)	53.9
BIOMASS YIELD (kg/ha)	64717
STALK YIELD (kg/ha)	44633
BLADE AND SHEATH YIELD (kg/ha)	8439
TRASH YIELD (kg/ha)	11644
LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	1.6
LIGHT INTERCEPTION (%)	74.8
GREEN LEAF NUMBER (#/stalk)	6.6
LEAF TIPS (#/stalk)	42
STALK HEIGHT (m)	2.19
STALK DENSITY (stalks/m <sup>2</sup> )	15.5

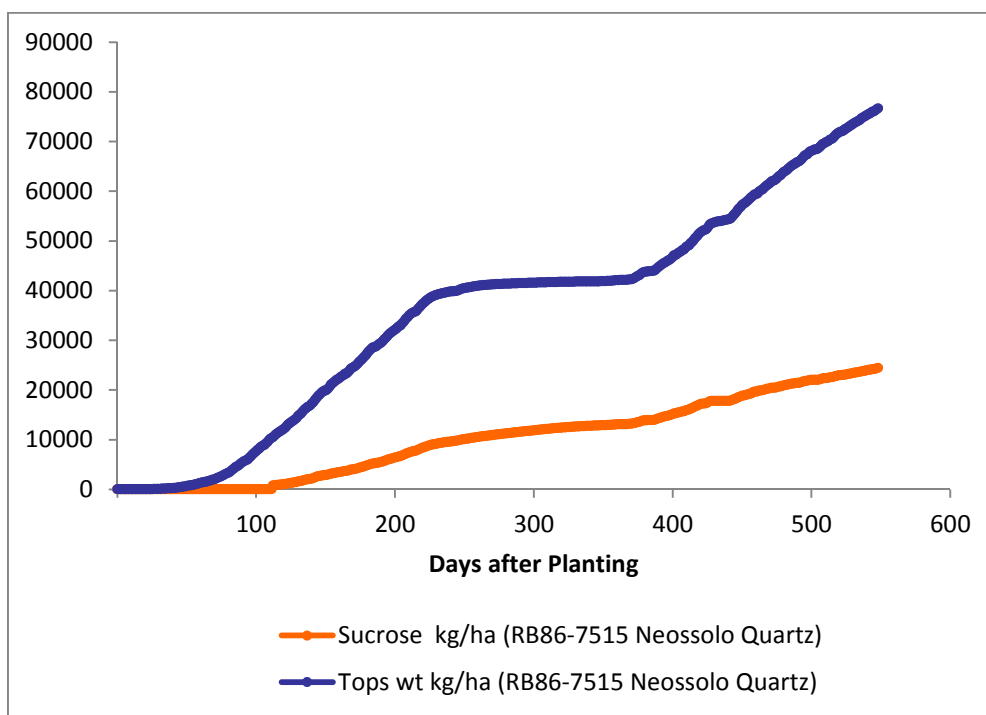


**Figura C4.** Simulação de sacarose e biomassa da variedade RB867515 cultivada em Latossolo Vermelho aluminoférrico. **Fonte:** DSSAT/CANEGRO (2012).



## Neossolo Quartzarênico órtico - VARIEDADE RB867515

VARIABLE	PREDICTED
SUCROSE YIELD (kg/ha)	20223
HARVEST INDEX (sucrose % dm)	52.5
BIOMASS YIELD (kg/ha)	56964
STALK YIELD (kg/ha)	38514
BLADE AND SHEATH YIELD (kg/ha)	7686
TRASH YIELD (kg/ha)	10764
LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	1.9
LIGHT INTERCEPTION (%)	79.7
GREEN LEAF NUMBER (#/stalk)	6.4
LEAF TIPS (#/stalk)	41
STALK HEIGHT (m)	1.88
STALK DENSITY (stalks/m <sup>2</sup> )	15.5



**Figura C5.** Simulação de sacarose e biomassa da variedade RB867515 cultivada em Neossolo Quartzarênico órtico. **Fonte:** DSSAT/CANEGRO (2012).