



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

SILAS PEREIRA TRINDADE

APTIDÃO AGRÍCOLA, MUDANÇAS DE USOS DOS SOLOS, CONFLITOS E
IMPACTOS DIRETOS E INDIRETOS DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR
NA REGIÃO SUDOESTE GOIANO

GOIÂNIA

2015

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):	Silas Pereira Trindade		
E-mail:	silasptrindade@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	GO
		CNPJ:	
Título:	Aptidão Agrícola, Mudanças de Usos dos Solos, Conflitos e Impactos Diretos e Indiretos da Expansão da Cana-de-Açúcar na Região Sudoeste Goiano.		
Palavras-chave:	Expansão canieira. Mudanças de usos dos solos. Aptidão agrícola do uso das terras. Indicadores de discrepância de uso. Conflitos de Uso. Impactos diretos e Indiretos		
Título em outra língua:	Agricultural Suitability, Lands Use Changes, Conflicts and Direct and Indirect impacts of Sugar cane expansion in Goiás's South-west Region.		
Palavras-chave em outra língua:	Sugar cane expansion, Lands use changes, Agricultural Suitability of lands use. Use discrepancy indicators. Use conflicts. Direct and Indirect impacts		
Área de concentração:	Estrutura e Dinâmica Ambiental		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	30/03/2014		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais		
Orientador (a):	Profa. Dra. Selma Simões de Castro		
E-mail:			
Co-orientador (a):	Dr. Heitor Coutinho (<i>in memoriam</i>)		
E-mail:			

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização? total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: _____

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.

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.

Assinatura do (a) autor (a)

Data: 14/07/2015

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

SILAS PEREIRA TRINDADE

APTIDÃO AGRÍCOLA, MUDANÇAS DE USOS DOS SOLOS, CONFLITOS E
IMPACTOS DIRETOS E INDIRETOS DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR
NA REGIÃO SUDOESTE GOIANO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Goiás, como exigência parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Orientadora: Prof. Dr^a Selma Simões de Castro.

Co-orientador: Dr. Heitor Coutinho
in memoriam

GOIÂNIA

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Trindade, Silas Pereira
Aptidão Agrícola, Mudanças de Usos dos Solos, Conflitos e Impactos Diretos e Indiretos da Expansão da Cana-de-Açúcar na Região Sudoeste Goiano [manuscrito] / Silas Pereira Trindade.- 2015.
187 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Selma Simões Castro; co-orientador Dr. Heitor Coutinho.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de Pós graduação (PRPG) , Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui mapas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Expansão canavieira. 2. Mudanças de usos dos solos. 3. Aptidão agrícola do uso das terras. 4. Indicadores de discrepância de uso. 5. Conflitos de Uso e Impactos diretos e Indiretos. I. Castro, Selma Simões, orient. II. Coutinho, Heitor, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ATA DA DEFESA PÚBLICA DE TESE Nº 007/2015

Aos trinta dias do mês de março do ano de dois mil e quinze, às quatorze horas, reuniu-se na sala 02 do Centro de Cultura e Eventos Prof. Ricardo Freua Bufaiçal, a Banca Examinadora composta pelos: Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro – CIAMB, Prof. Dr. Fausto Miziara – CIAMB, Prof.^a Dr.^a Karla Maria Silva de Faria – CIAMB, Prof. Dr. Manoel Rodrigues Chaves – DGEO/UFG e o Prof. Dr. José Paulo Pietrafesa – Faculdade de Educação/UFG para, sob a presidência da primeira, proceder a defesa da Tese intitulada: “**Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região sudoeste goiano**”, de autoria de Silas Pereira Trindade, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB), área de concentração em Estrutura e Dinâmica Ambiental. Foi realizada a avaliação oral no sistema de apresentação e defesa de relatório de autoria do discente. Terminada a avaliação oral, a Banca Examinadora reuniu-se emitindo os seguintes pareceres mediante as justificativas e sugestões abaixo:

Membro da Banca	Parecer (Aprovado/Reprovado)	Assinatura
Dr. ^a Selma Simões de Castro	Aprovado	
Dr. Fausto Miziara	Aprovado	
Dr. ^a Karla Maria Silva de Faria	Aprovado	
Dr. Manoel Rodrigues Chaves	Aprovado	
Dr. José Paulo Pietrafesa	Aprovado	

JUSTIFICATIVAS e SUGESTÕES:

Após a avaliação, o referido candidato foi considerado Aprovado na defesa de tese. Às 18:30 horas, a Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro, Presidente da Banca Examinadora, deu por encerrada a sessão e, para constar, lavrou-se a presente Ata.

Prof. Dr. Fausto Miziara
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Karla Maria Silva de Faria
Membro Titular

Prof. Dr. Manoel Rodrigues Chaves
Membro Titular

Prof. Dr. José Paulo Pietrafesa
Membro Titular

Prof.^a Dr.^a Selma Simões de Castro
Presidente

Dedicatória

Dedico esta tese à minha família, base esta que sempre está ao meu lado: Miguel, Iêda, Anderson, Cássio e aos meus avós (*in memoriam*). Em especial, à Naninha e ao Teteus que me lembram todos os dias o significado do amor.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de um incentivo coletivo, onde tive o apoio de pessoas que nunca esquecerei e por quem terei eterna gratidão.

No plano espiritual, agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora da Abadia pela coragem e força.

No âmbito acadêmico e institucional, agradeço à minha orientadora, Professora Selma Simões de Castro, pela oportunidade de desenvolver esta tese, pelas sugestões, pela paciência e pelo empenho. Agradeço por ter me incentivado e acreditado. Levarei os seus ensinamentos junto comigo.

Agradeço também ao CIAMB, na figura dos seus coordenadores, Prof. Drs. Leandro Gonçalves Oliveira e Fausto Miziara, principalmente pela compreensão e a este último pelas críticas e sugestões durante o exame de qualificação. E ainda aos professores (as) Agustina Echeverria, Francis Lee Ribeiro, Karla Maria Silva de Faria e Maria do Amparo Albuquerque, pelos valiosos ensinamentos.

Igualmente agradeço ao Professor Francisco Leonardo Tejerina-Garro da PUC/GO, pela ajuda nas análises estatísticas.

Ainda no nível institucional agradeço à Embrapa Solos, especialmente ao Heitor L.C. Coutinho (*in memorian*), co-orientador desta tese, pelo convívio e pelo grande aprendizado proporcionado, sobretudo durante a fase de estágio em nível de doutorado *sanduche*, apesar do pouco tempo que ele teve condições de trabalhar.

Também ao LABOGEF – Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física, do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA, da UFG, na pessoa de seu Coordenador Prof. Márcio Henrique Zancopé, pelo apoio logístico e técnico, em especial ao seu técnico Elizon Nunes pela ajuda em geoprocessamento e a todos os meus amigos que lá eu tive, pela amizade, alegria e troca de conhecimentos.

À CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro, na forma de bolsa de doutorado e auxílio à pesquisa (Processo 479010-9), respectivamente.

Aos amigos de turma, Liliane, Haihani e Fernando (estes que são quase irmãos), que me acompanharam nos momentos das múltiplas variações emocionais.

No plano pessoal, agradeço à minha família, pai, mãe e irmãos, obrigado pelo apoio e sei que estão do meu lado. À minha esposa, Ana Lúcia (BB), pessoa à qual sou muito grato por me proporcionar calma nos momentos mais difíceis. A eternidade é o limite para o nosso amor! E ainda ao meu filho, Mateus, que na inocência de uma criança sempre me recepcionou com um lindo sorriso, que é a maior satisfação de um pai.

“Maria passa na frente e vai abrindo estradas e abrindo portas e portões, abrindo casas e corações”.

RESUMO

Durante os últimos 40 anos, o Cerrado Goiano passou por grandes mudanças de uso do solo associadas à Revolução Verde e à Modernização da Agricultura. Estas alterações foram baseadas na produção de grãos, pecuária de corte e, em menor escala, produção sucroalcooleira. Grande destaque deste cenário foi a Região de Planejamento do Sudoeste Goiano (RPSG) que, a partir da década de 1980, devido a sua elevada aptidão agrícola, tornou-se alvo grande dos Complexos Agroindustriais, de grãos e de carne e, mais recentemente, da cana-de-açúcar.

Recentemente, o Setor Sucroalcooleiro retoma sua expansão iniciando uma nova fase em 2004, se estendendo a partir da mesma área anterior a leste, onde dominam solos mais aptos. Desde então vem implementando uma forte e rápida expansão nesse rumo atingindo o extremo oeste da RPSG em 2008. A presente tese objetiva reconhecer o padrão espacial dessas duas fases da expansão da cana-de-açúcar na RPSG, entre 1985 a 2013, e identificar suas relações com as mudanças de usos dos solos e as classes de aptidão agrícola, de modo a apresentar os padrões espaciais específicos da expansão canavieira e obter indicadores de discrepância e conflitos de usos. Utilizou-se técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, sobretudo SIG para o mapeamento do meio físico, da aptidão agrícola e dos usos e conflitos de uso do solo, em sucessão histórica de cinco anos representativos das mudanças de uso e da expansão da cana, sendo 1985 e 1995 da primeira fase e 2005, 2010 e 2013 da segunda. Os resultados cartográficos foram submetidos à análise estatística ANOVA Fatorial e Análise das Componentes Principais (PCA). Os resultados revelaram que a recente expansão da cana apresentou dois padrões espaciais: o primeiro (até 2005), nas áreas de maior aptidão agrícola, antes com cultivo de grãos; o segundo, desde 2005, nas áreas de solos moderadamente e muito frágeis, aptas para pastagens naturais e, ou conservação de flora e fauna. Ainda revelaram que a expansão canavieira reprisa o modelo agroexportador, desta vez incluindo o mercado nacional de consumo do etanol, porém em dois itinerários sucessivos: o primeiro representa o itinerário resultante de seletividade espacial do tipo irradiado, também praticado na expansão da Fronteira Agrícola (1970-80), buscando solos mais aptos às lavouras altamente tecnificadas, aproveitando a infraestrutura e, principalmente a logística da região. O segundo, de 2005 em diante, que foge desse padrão e segue rumo ao extremo oeste da região, sobre solos menos aptos, em geral arenosos, de elevada erodibilidade, baixa fertilidade e coesão, ditos frágeis, com pastagens e remanescentes de Cerrado. Discute-se que esse processo causa impactos diretos e indiretos nas sucessões de cobertura/cana e pastagem/cana, respectivamente, em consequência de desmatamento, sobre áreas de moderada a elevada discrepância de uso em relação à aptidão agrícola. Conclui-se que a expansão canavieira na RPSG vem ocorrendo por seletividade espacial de padrão irradiado, expandindo-se sobre as melhores terras (1960-80 no leste em 2004) e, após 2005, por difusão, em manchas dispersas em direção ao extremo oeste sobre terras menos aptas com solos frágeis. Nas primeiras os impactos foram diretos, por reconversão grãos/cana, nos segundos foram diretos (idem mais pastagens/cana e remanescentes/cana) e indiretos (grãos/pastagens, remanescentes/pastagens) associados também ao desmatamento de remanescentes. Nota-se a falta/insuficiência de marcos regulatórios para a expansão canavieira e de planejamento e governança ambiental nos níveis estadual e regional, favorecendo pressão sobre os recursos naturais e a instalação de cenários de insustentabilidade ambiental.

Palavras-Chave: Expansão canavieira. Mudanças de usos dos solos. Aptidão agrícola do uso das terras. Indicadores de discrepância de uso. Conflitos de Uso e Impactos diretos e Indiretos.

ABSTRACT

During the last 40 years, Cerrado in Goiás crossed to big changes of land use associated with the Green Revolution and the Agriculture Modernization. These modifications were based on grains production, cattle raising, in minor scale, sugar cane production. Goiás South-west Planning Region (RPSG) was a great notability in this scenery that, since 1980 decade, because your elevated agricultural aptness, turned great objective of Agroindustrial complexes, grains and meat and, more recently, of sugar cane.

Recently, the sugar cane sector retakes your expansion starting a new phase in 2004, extending from the same anterior surface from east, where more able soils dominated. Since this, a strong and fast expansion has been realized in this route, reaching the RPSG extreme west in 2008. The present thesis objective to recognize the special standard in these two sugar cane expansion phases in RPSG, between 1985 and 2013 and identify your relations with the lands use changes and with the agricultural aptness classes, for presenting the particular spatial standards of sugar cane expansion and having uses conflicts discrepancy indicators. It was used remote sensing and geoprocessing techniques, specially SIG, for the mapping of environmental characteristics, agricultural aptness and uses and soil uses conflicts, in historic succession of representative five years of use changes and sugar cane expansion; they were 1985 and 1995 in the first phase, and 2005, 2010 and 2013 in the second phase. The cartography results were submitted on statistic analyze ANOVA Fatorial and Principal Component Analyses (PCA). The results showed that the recent sugar cane expansion presented two spatial standards: the first, until 2005, in surfaces with more agricultural aptness, before with grains culture; the second, since 2005, in moderately or very fragile soils zones, able for natural pastures or recommended for flora e fauna conservation. It still revealed that sugar cane expansion reprises the agroexporting model, this time including the national market of ethanol consumption, however, in two successive itineraries: the first, that represents the itinerary resulting of spatial selectivity irradiated type, also practiced in Agricultural Frontier expansion (1970-80), looking for more able soils to cultivates with high technology level and taking advantage of structure, specially the logistic. The second, after 2005, that runs away this standard and goes to the extreme west of region, upon less able soils, in general sandy soils, with elevated erodibility, little fertility and cohesion, named fragile soils, with pasture and Cerrado's reminders. It discusses that this process caused direct and indirect impacts in successions of covering/cane and pasture/cane, respectively, in consequence of deforestation, upon areas with moderated or elevated use discrepancy in respect to agricultural aptness. It concludes that the sugar cane expansion is occurring in RPSG for spatial irradiated selectivity, expanding upon the best lands (1960-80 in the east) and, before, 2005, for diffusion, in dispersed spots on direction to extreme west upon less able lands with fragile soils. In the first, the impacts were directs, by reconversion grains/cane; in the second, it were directs (like the first, added for pasture/cane and remaining/cane) and indirects (grains/pasture, remaining/pasture) also associated to the remaining deforestation. It was noted that the privation/insufficiency of regulatory marks for sugar cane expansion and planning and environmental govern in levels of state and region, favoring pressure upon natural resources and the installation of environmental (un)sustainability sceneries.

Keyword: Sugar cane expansion. Lands use changes. Lands use agricultural aptness. Use discrepancy indicators. Use conflicts and direct and indirect impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Produção de automóveis no Brasil por tipo de combustível entre os anos de 2005 a 2013.....	24
Figura 2	Expansão de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares).....	26
Figura 3	Expansão de cana-de-açúcar no Sudeste brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares).....	27
Figura 4	Expansão de cana-de-açúcar no Sul brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares).....	28
Figura 5	Expansão de cana-de-açúcar no Norte brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares).....	28
Figura 6	Expansão de cana-de-açúcar no Centro-Oeste brasileiro de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares).....	29
Figura 7	Principais produtores de cana-de-açúcar no Centro-Oeste brasileiro em Cana/tonelada-1985, 1995, 2005 e 2010.....	30
Figura 8	Zoneamento Agroecológico para a Produção Canavieira no Brasil (2009).....	37
Figura 9	Zoneamento Agroecológico para a Produção Canavieira em Goiás.....	38
Figura 10	Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 1985.....	42
Figura 11	Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 1995.....	43
Figura 12	Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 2005.....	45
Figura 13	Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 2010.....	46
Figura 14	Geologia do Sudoeste Goiano.....	89
Figura 15	Geomorfologia do Sudoeste Goiano.....	91
Figura 16	As Bacias Hidrográficas da região Sudoeste Goiano.....	93
Figura 17	Principais Canais de Drenagem do Sudoeste Goiano nas bacias hidrográficas.....	93
Figura 18	Solos do Sudoeste Goiano.....	95
Figura 19	Localização do Sudoeste Goiano em Goiás e as Usinas em Operação-2013.....	100
Figura 20	Produção de Milho e de Soja no Sudoeste Goiano entre 1975-2010.....	104
Figura 21	Aumento da produção de cabeças de gado no Sudoeste Goiano entre 1975-2012.....	104
Figura 22	Aumento da produção de culturas temporárias no Sudoeste Goiano em relação à Goiás.....	107
Figura 23	Mapas de uso do solo e da expansão da cana-de-açúcar na RPSG contemplando a dinâmica da cana-de-açúcar nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.....	122
Figura 24	Evolução dos usos antrópicos e da vegetação nativa na RPSG no período de 1985 a 2013.....	126
Figura 25	Taxa de crescimento dos Usos do Solo do Sudoeste Goiano em Hectares.....	132
Figura 26	Área da progressão do uso do solo em relação à conversão para a cana-de-açúcar na RPSG nos períodos1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013.....	133

Figura 27	Sucessão do Uso dos Solos no Raio de 40 km das Usinas no Sudoeste Goiano-1985 a 2013.....	134
Figura 28	Área da progressão do uso do solo em relação à conversão para a cana-de-açúcar no raio de 40 km das usinas nos períodos de 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013.....	135
Figura 29	Médias das áreas substituídas dentro da sucessão de uso por cana-de-açúcar nos períodos de 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013.....	137
Figura 30	Tendência de aumento da cana-de-açúcar no período analisado.....	138
Figura 31	Dinâmica da substituição da cana-de-açúcar nas sucessões analisadas.....	139
Figura 32	Mapas de uso do solo e a expansão da cana-de-açúcar na RPSG-1985-2013.....	150
Figura 33	Taxa de crescimento do Uso do Solo no Sudoeste Goiano em Hectares.....	151
Figura 34	Mapa Pedológico da Região de Planejamento do Sudoeste Goiano da relação solos e cana-de-açúcar-1985-2013.....	152
Figura 35	Mapa de Declividade do Sudoeste Goiano representando a dissecação regional e a expansão canavieira-1985-2013.....	156
Figura 36	Mapa de Suscetibilidade Erosiva mostrando os níveis de fragilidade quanto à erosão linear em relação à cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano.....	158
Figura 37	Mapa de Aptidão do Uso dos Solos do Sudoeste Goiano.....	161
Figura 38	Mapa de Aptidão do Uso das Terras e a expansão sucroalcooleira no Sudoeste Goiano-1985-2013.....	162
Figura 39	Mapa de Conflito de Uso do Solo do Sudoeste Goiano-1985-2013.....	166
Figura 40	Impactos diretos do uso dos solos: cana-de-açúcar.....	168
Figura 41	Impactos indiretos do uso dos solos: agricultura.....	169
Figura 42	Impactos indiretos do uso dos solos: pastagens.....	170
Figura 43A	Análise das Componentes Principais e a Relação entre as Classes de Aptidão Agrícola de Uso do Solo (cana-de-açúcar) com os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.....	171
Figura 43B	Análise das Componentes Principais e a Relação entre as Classes de Aptidão Agrícola e o Uso do Solo (cana-de-açúcar) para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.....	172
Figura 44	Distribuição das Classes Mais Utilizadas pela Cana-de-Açúcar no Sudoeste Goiano.....	174
Figura 45	Soma das médias da efetivação das hipóteses em decomposição.....	175
Figura 46	Scores médios da análise de correspondência da aptidão e uso do solo em uma relação temporal.....	176

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Relação das usinas e seus municípios sedes no Sudoeste Goiano.....	48
Quadro 2	Chave de Interpretação das imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 adotada.....	75
Quadro 3	Classes de Aptidão de Uso das Terras.....	80
Quadro 4	Relação das usinas com operação e seus municípios sedes. 1946-2013.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produção de cana-de-açúcar por regiões administrativas brasileiras - 1985-2010.....	31
Tabela 2	Número de destilarias na Região Centro-Oeste, por estado - 2010-2015.....	31
Tabela 3	Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-1985.....	43
Tabela 4	Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-1995.....	44
Tabela 5	Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-2005.....	45
Tabela 6	Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-2010.....	47
Tabela 7	Distribuição das Unidades Geológicas no Sudoeste Goiano-1999.....	90
Tabela 8	Distribuição dos Sistemas Geomorfológicos do Sudoeste Goiano-2006.....	92
Tabela 9	Distribuição das Bacias Hidrográficas no Sudoeste Goiano.....	94
Tabela 10	Solos do Sudoeste Goiano-2009.....	98
Tabela 11	Síntese do uso do solo e aumento do número de usinas no Sudoeste Goiano-1985-2013.....	123
Tabela 12	Sucessão histórica de Uso e Ocupação do Sudoeste Goiano-1985-2013.....	127
Tabela 13	Taxa de Crescimento do Uso do Solo – 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013.....	130
Tabela 14	Teste univariável para parametrização da área e do tipo de uso do solo.....	136
Tabela 15	Médias (mean), erro standard (Sta. Err.) e o número de fragmentos (N) correspondentes a cada tipo de cobertura de uso do solo.....	137
Tabela 16	Análise da sucessão por meio da aplicação do teste Tukey.....	137
Tabela 17	Media temporal analisada: $F(3, 26626)=18,193, p=,00000$	138
Tabela 18	Uso do solo (cana, agricultura, pastagem e vegetação) por período: $F(9, 26626)=14,019, p=0,0000$	140
Tabela 19	Discriminação das diferenças entre os usos dos solos-1985-2013.....	141
Tabela 20	Distribuição dos solos e sua participação percentual na região do Sudoeste Goiano com percentual de área ocupada por cana. 1985-2013.....	153
Tabela 21	Classes de Declividade do Sudoeste Goiano- 1985-2013.....	157
Tabela 22	Suscetibilidade erosiva no Sudoeste Goiano- 1985-2013.....	157
Tabela 23	Aptidão do uso das terras e relação e uso com cana (cinza em destaque)-1985-2013.....	163
Tabela 24	Discrepância do Uso dos Solos no Sudoeste Goiano -1985-2013.....	167
Tabela 25	Contribuição variável das correlações.....	173
Tabela 26	Teste Univariável de Significância para Área % (Aptidão do Uso das Terras/Tempo). Sigma-restrita parametrização. Decomposição efetiva de hipótese.....	174

SUMÁRIO

Introdução.....	15
1 A Expansão Canavieira no Brasil.....	21
Introdução.....	21
1.1 O avanço da cana-de-açúcar no Brasil.....	22
1.2 Os Marcos Regulatórios da Cana-de-Açúcar no Brasil.....	32
1.2.1 O Programa Nacional do Alcool.....	33
1.2.2 O Plano Nacional de Agroenergia.....	34
1.2.3 O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar.....	35
1.2.4 A Expansão do Setor Sucroalcooleiro em Goiás.....	39
Conclusões.....	52
Referências.....	54
2 Pressupostos teóricos e metodológicos gerais da pesquisa.....	58
Introdução.....	58
2.1 A Modernização da Agricultura e a Fronteira Agrícola no Cerrado: considerações gerais.....	58
2.2 Mudanças de Uso dos Solos, Geotecnologias e Avaliação da Expansão da Cultura da Cana-de-Açúcar.....	62
2.3 Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.....	64
2.4 Fragilidade Ambiental e Pedológica	66
2.5 Indicadores Ambientais Aplicados à Cana-de-Açúcar	69
2.6 Procedimentos Operacionais da Pesquisa.....	71
Referências.....	83
3 Caracterização da Área de Estudo.....	88
3.1 O Meio Físico do Sudoeste Goiano.....	88
3.2 Área de Estudo	99
3.2.1 Localização e Histórico da Ocupação	99
3.3 A cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano.....	107
Conclusões	112
Referências.....	114
4 A Expansão da Cana-de-Açúcar e as Mudanças de Usos do Solo no Sudoeste Goiano.....	117
Introdução.....	117
4.1 Dinâmica do Uso do Solo no Sudoeste Goiano	120
4.2 Padrões das Mudanças de Usos dos Solos no Sudoeste Goiano.....	125
4.3 Teste Estatístico da Sucessão de Uso dos Solos no Sudoeste Goiano por meio da ANOVA Fatorial	136
Conclusões.....	142
Referências.....	144
5 Aptidão Agrícola do Uso das Terras e a Expansão Canavieira na Região do Sudoeste Goiano.....	147
Introdução.....	147
5.1 Análise do Meio Físico, da Aptidão do Uso das Terras e da Expansão Sucroalcooleira.....	148
5.2 Teste Estatístico da Relação entre Aptidão Agrícola ao Uso das Terras e Expansão Canavieira no Sudoeste Goiano Por Meio da Análise das Componentes Principais.....	170
Conclusões.....	177
Referências.....	179
Conclusões Gerais.....	181
Anexos.....	185
Anexo A - Guia referencial para avaliação da aptidão agrícola do uso	

das terras em regiões de clima tropical-úmido.....	185
Apêndices.....	186
Apêndice A - Quadro de Avaliação da Aptidão Agrícola em Relação aos Solos.....	186

Introdução

A produção do etanol em larga escala no Brasil surgiu durante a grande crise mundial em 1973, gerada pela alta dos preços do petróleo, fonte de energia não renovável, fornecido pelos países do Oriente Médio, como uma alternativa aos combustíveis fósseis. Foi potencializada pelo Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) (1975-1979), uma política pública do governo federal que visava fomentar o setor, de modo a minimizar os efeitos dessa crise. Netto (2007) ressaltou que essa política foi a resposta brasileira à crise.

Apesar disso, o PROÁLCOOL não alcançou o êxito pretendido, pois enfrentou diversas crises de abastecimento originadas, dentre outros motivos, pela produção simultânea de açúcar pelas mesmas usinas, motivada pelo bom preço do açúcar no exterior e a retomada de preços mais acessíveis do petróleo, o que abalou o setor sucroalcooleiro do país e levou à sua relativa estagnação, a qual durou cerca de três décadas.

Após esse longo período em que o açúcar passou a ser o foco do setor, no início do presente século, o etanol ressurgiu como uma alternativa de substituição aos combustíveis fósseis, mas, desta vez, em razão da crise ambiental internacional relacionada ao aquecimento global causado, em grande parte, pelas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente CO₂, óxido nitroso e metano, entre outros, com participação significativa da queima dos combustíveis fósseis. A busca de alternativas para diminuir os efeitos dos GEE e a alta dependência dos mercados do petróleo, tem no etanol produzido a partir de cana-de-açúcar, um promissor substituto dos derivados do petróleo, sobretudo da gasolina e do diesel.

O Brasil tem capacidade produtiva de etanol para suprir 40% da demanda nacional por gasolina, e pode ser potencializada por meio do aproveitamento do bagaço da cana (etanol de segunda geração) (MACEDO; LEAL, 2008). Assim, o etanol da cana-de-açúcar torna-se um dos mais eficientes biocombustíveis já produzidos, ganhando novo destaque no Brasil por meio do retorno de investimentos e de novas políticas públicas, como o Plano Nacional de Agroenergia e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar. Entretanto, a produção desse combustível do futuro, como foi denominado, deve estar associado a novos comportamentos sociais, econômicos e ambientais numa conjuntura produtiva que seja sustentável em toda a sua cadeia produtiva, o que parece não estar acontecendo, por várias razões.

A boa e regular aptidão agrícola dos solos do Brasil, em grande parte aptos à motomecanização, contribuiu para a expansão da fronteira agrícola no século passado e, recentemente, também para a grande expansão do setor sucroalcooleiro, com

expressivo aumento de área plantada e do número de usinas, contando ainda com a tecnologia agroindustrial desenvolvida pelo setor desde o século passado.

Recentemente, as terras do Centro-Sul do Cerrado, em nítida relação com o prolongamento socioespacial e econômico da atividade sucroalcooleira paulista, se tornaram o alvo dessa expansão. Mas, um dos problemas é que esse setor ainda segue os mesmos princípios do período do PROÁLCOOL, como a monocultura e a grande concentração fundiária e de capital. Some-se a isso que o setor emprega um número reduzido de mão-de-obra, dado o avanço tecnológico que acompanha o setor, ignorando assim os impactos sociais e ambientais dos empreendimentos, pois desconsidera as externalidades negativas do cultivo e do processo industrial, induzindo-os. Por outro lado, a expansão vem se dando sobre áreas já ocupadas e consolidadas com agropecuária, gerando disputas territoriais e contribuindo para as mudanças rápidas de uso das terras, que contam com a infraestrutura e logística existente, além dos equipamentos urbanos das cidades do agronegócio, sobretudo no centro sul do Cerrado, área preferencial da referida expansão canavieira.

Assim, devem ser avaliados os impactos diretos e indiretos das mudanças de uso do solo, sobretudo, porque o setor vem praticando a substituição de áreas de cultivos já consolidados como os de grãos, principalmente soja, ao contrário do que sugerem as políticas públicas para o setor, como o Plano Nacional de Agroenergia (PNA) lançado em 2006 e o Zoneamento Agroecológico da Cana (ZAE-Cana), de 2009, além de outros impactos, como o da fertirrigação com vinhaça e o aumento do consumo de água. Por outro lado, seu cultivo abrange grandes áreas e atualmente cria uma cadeia produtiva robusta com base na produção distribuída e exclusiva de etanol ou na produção mista de etanol e açúcar e, atualmente, agrega-se também a cogeração de energia elétrica. Para o entendimento dessas alterações a expansão canavieira deve ser cuidadosamente analisada nos seus mais amplos aspectos

No Cerrado, alvo preferido dessa expansão recente da cana-de-açúcar, o estado de Goiás se destaca principalmente sua mesorregião Sul e nesta, a Região de Planejamento do Sudoeste Goiano (RPSG) como alvo preferencial, devido às vantagens já expostas e maior proximidade com São Paulo, de onde vêm a maioria dos grupos financeiros do setor. Desde o final dos anos 90 do século passado, sobretudo no início do presente século, os estudos ressaltam que também no Sul Goiano a cana substituiu preferencialmente áreas de grãos, principalmente soja, consagrada na economia estadual e seu principal produto agrícola, e secundariamente os pastos e até mesmo de áreas remanescentes da cobertura vegetal natural, promovendo um reordenamento de uso das terras.

Historicamente, a região Sul Goiano passou por intenso processo de ocupação agrícola que se irradiou do Sul e Sudeste do País, a partir da década de 1970 e que promoveu notáveis mudanças no seu padrão produtivo agrícola e na paisagem rural, devido à intensa derrubada do Cerrado em favor das atividades agropecuárias associadas à expansão da Fronteira Agrícola. Tais alterações se associaram à incorporação de uma nova base técnica ao sistema produtivo emanada da chamada Revolução Verde e da subsequente Modernização da Agricultura. Contudo, veio atrelada a um modelo considerado herança colonial, isto é, agroexportador e estruturado com base grandes propriedades rurais familiares, mas, desta feita, alavancado pelo avanço de uma agricultura capitalista, e, logo depois da agroindústria moderna. Tal modelo converteu grandes áreas naturais, implantando o binômio grãos–carne, forte em Goiás, seguido da cana, entretanto concentrada no estado de São Paulo.

A região de Planejamento do Sudoeste Goiano ganhou grande destaque nesse processo e lidera a produção de grãos e carne (bovina, suína e de aves) com robusta agroindústria e especialização de alguns municípios-sede de grandes complexos agroindustriais (CAIs). Recentemente, essa região vem passando por uma nova mudança de uso devida à expansão do setor sucroalcooleiro, que está reconvertendo áreas de grãos e pastos em áreas de monocultura de cana, como afirmam vários estudos.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e a produção de açúcar e álcool ganhou grande destaque a partir do ano de 2000, chegando à marca de 30 milhões de toneladas de açúcar e 18 milhões de metros cúbicos de álcool, segundo a estatística oficial. O estado de Goiás tornou-se rapidamente o segundo maior produtor alcooleiro do País, cuja expansão foi determinada pelas suas boas características edafoclimáticas acrescidas da infraestrutura e logística, com destaque para o Sudoeste Goiano, construído pela Modernização da Agricultura e CAIs, como exposto.

A expansão canavieira no Sudoeste Goiano chama a atenção pelo fato de se especializar na produção do etanol, ainda que algumas plantas industriais estejam preparadas para serem aproveitadas para a produção alternada de açúcar. O desenvolvimento do setor na região acompanhou um rápido processo de crescimento, já que três unidades foram criadas durante o PROÁLCOOL e hoje já são cerca 15. Por outro lado, essa expansão é preocupante, pois que além da monocultura da cana substituir extensas áreas agrícolas, o faz predominantemente por arrendamento de propriedades rurais, sem alterar a estrutura fundiária, mas gerando impactos sociais e econômicos, além de danos ambientais, em que pese os econômicos serem

considerados extremamente positivos. A região transformou-se numa das pontas e talvez a mais promissora do setor, popularmente chamado “mar de cana” ou polígono da cana do Centro-Sul do Cerrado.

Todavia, pouco se sabe sobre os impactos diretos e indiretos desse processo em especial nessa região, e não há marcos regulatórios estaduais, apenas uma instrução normativa, datada de 2007, que induz principalmente a colheita da cana verde e o reuso de água na planta industrial, requisitos para autorizar o licenciamento ambiental e a outorga da água. Pouco se sabe sobre a demanda de água nas áreas de cultivo, até porque o déficit hidroclimático é sazonal e mais forte que no Sudeste do País. E também a respeito do avanço da cana também sobre áreas de solos frágeis, situados, sobretudo a oeste da região, próximo inclusive de grande Unidade de Conservação (Parque Nacional das Emas), ícone de preservação de espécies de fauna e flora do Cerrado, e sem uma razão claramente conhecida, uma vez que o custo de produção aumenta para que tais solos sejam produtivos e cujo potencial de impactos ambientais é alto.

A expansão do setor sucroalcooleiro no Sudoeste Goiano ocorreu diante da caracterização de dois períodos distintos em que houve fortes investimentos privados e incentivos governamentais, o do PROÁLCOOL e o atual, entendido como do PNA – Plano Nacional de Agroenergia. Esta dinâmica criou uma realidade para a expansão canavieira, tanto a pretérita como a contemporânea, sendo que a cana-de-açúcar avança sobre áreas produtoras de alimentos e também sobre áreas frágeis, principalmente sobre áreas de vegetação natural e de solos com restrições de usos, como os arenosos que predominam no extremo oeste da região.

Esta tese trata da expansão da monocultura da cana-de-açúcar na região do Sudoeste Goiano, analisando os impactos diretos e indiretos da substituição de áreas de grãos, pastos e remanescentes de Cerrado pela cana, com vistas a compreender o fenômeno e os padrões espaciais da mudança. Diante do exposto, esta tese partiu das seguintes hipóteses:

- O setor sucroalcooleiro avança sobre as melhores áreas agrícolas da região devido sua melhor aptidão agrícola, mas ocupadas até então com culturas anuais, sobretudo soja rotacionada com milho, contrariando o estabelecido no Plano Nacional de Agroenergia, que defende o uso de áreas de pastagens degradadas, de modo a recuperá-las e melhor aproveitá-las;
- A expansão canavieira gera impactos diretos e indiretos na região, por promover a substituição de áreas cultivadas consolidadas e seu deslocamento

para áreas de pastagem na própria região, além de algumas inclusive ainda com remanescentes de vegetação natural;

- Esgotada a oferta dessas áreas e o reordenamento dos usos, a cana-de-açúcar começa a avançar para áreas de menor aptidão agrícola, sobretudo de solos frágeis ocupados com pastagens, em função de outras vantagens competitivas, mas gerando conflitos de uso das terras em diferentes graus;
- É possível estabelecer um indicador do tipo e grau de conflito de uso em relação com a aptidão agrícola das terras, de modo a espacializar as áreas de expansão e categorizá-las, para que possa servir a um planejamento agrícola sustentável.

Para demonstrar tais hipóteses a análise da dinâmica da expansão canavieira no Sudoeste Goiano, no espaço e no tempo, partiu da análise espacial do uso das terras dos anos de 1985 e 1995, correspondentes ao período de vigência do PROÁLCOOL e 2005, 2010 e 2013, correspondentes à influência do Plano Nacional de Agroenergia e do ZAE – Cana, de modo a mapear seu avanço em relação aos demais usos dos solos e comparar os padrões espaciais das mudanças observadas nessas duas fases distintas. Os mapeamentos apoiaram-se no uso de geotecnologias como Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica e enfatizam a aptidão agrícola das terras e os conflitos de uso ao longo dos dois períodos selecionados, inclusive sobre os solos frágeis.

Como suporte teórico-conceitual e metodológico a tese apoia-se nos modelos teóricos de expansão da Fronteira Agrícola e de Sustentabilidade, ao discutir se a expansão canavieira no Sudoeste Goiano é mais exemplo desses modelos ou não.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é analisar a dinâmica da expansão sucroalcooleira na Região de Planejamento do Sudoeste Goiano, no período de 1985 a 2013, e suas consequências em termos de impactos diretos e indiretos da sucessão de uso dos solos e seu avanço para áreas com menor aptidão agrícola, compostas de solos frágeis. Para validar essas hipóteses e alcançar esse objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a distribuição geográfica das áreas de produção canavieira no Brasil e em Goiás, de modo a contextualizar a expansão sucroalcooleira recente da região do Sudoeste Goiano e as subsequentes mudanças de uso dos solos;
- Identificar as mudanças de usos de solos no Sudoeste Goiano e compreender a dinâmica da expansão da cana-de-açúcar por meio da identificação dos padrões de conversão agrícola para o cultivo da cana-de-açúcar;

- Espacializar as classes de aptidão agrícola do uso das terras do Sudoeste Goiano, identificando as prioritizadas para o avanço da cana-de-açúcar, e elencar os conflitos de uso, com ênfase em áreas de solos frágeis;
- Estabelecer indicador do tipo e grau de conflito de uso que possa servir ao planejamento regulatório da expansão canavieira no Estado e na região.

Os resultados alcançados permitiram estruturar a presente tese no formato de capítulos, que se seguem após esta Introdução, na qual a problemática, as hipóteses e objetivos foram expostos. Os capítulos são descritos a seguir:

No Capítulo 1, intitulado *A expansão canavieira no Brasil* é apresentada a dinâmica da produção canavieira no País, desde a sua implantação, de modo a situar o momento em que chega ao estado de Goiás e à região de Planejamento do Sudoeste Goiano, e os fatores que influenciaram sua distribuição.

No Capítulo 2, *Pressupostos teóricos e metodológicos gerais da pesquisa* são apresentadas as bases conceituais e teóricas que nortearam este estudo, bem como são apresentados os procedimentos operacionais adotados, organizados nas principais etapas de desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 3, intitulado *Caracterização da Área de Estudo* são apresentadas a localização e as características do meio físico e do potencial agrícola da região Sudoeste Goiano, de modo a contextualizar seus recursos naturais em relação à expansão agroeconômica regional, com ênfase na canavieira recente.

No Capítulo 4, intitulado *A Expansão da Cana-de-Açúcar e as Mudanças de Usos do Solo no Sudoeste Goiano* - são apresentados os usos e a cobertura dos solos do Sudoeste Goiano, enfatizando as mudanças de uso dos solos promovidas pelo setor sucroalcooleiro trabalhadas em série histórica, nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013, selecionados por serem representativos da situação passada e concomitante à chegada recente da cana na região, identificando e delimitando as áreas preferidas pela expansão, identificando e quantificando as substituições constatadas e consequências gerais.

No Capítulo 5, intitulado *Aptidão Agrícola do Uso das Terras e a Expansão Canavieira na Região do Sudoeste Goiano* - são apresentadas as classes de aptidão agrícola das terras da região e sua relação com expansão da cana-de-açúcar nos citados anos, identificando os impactos diretos e indiretos, os conflitos de uso e respectivos graus, de modo a apresentar o respectivo indicador.

Ao final de cada capítulo são indicadas as referências bibliográficas utilizadas e após o último capítulo segue-se as Conclusões finais alcançadas.

1 A Expansão Canavieira no Brasil

Introdução

A produção canavieira brasileira é uma das atividades agrícolas mais antigas do País, principalmente desde o século XVI, trazida da Índia pelos colonizadores portugueses ao Nordeste do País, voltada à produção do açúcar. Bem mais tarde, já no século XX, voltou-se à produção do etanol, que resultou na constituição e consolidação de um setor agroindustrial ampliado e relevante na economia nacional, dito sucroalcooleiro. Assim, a importância da cana-de-açúcar para o Brasil vem desde o período colonial cuja produção tornou-se um setor sólido na economia do país, embora concentrado na região Nordeste.

A agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil evoluiu ao longo de importantes e bem definidos períodos históricos, dentre os quais o último, do século XX, que se destaca por ser voltado à produção comercial de biocombustíveis (etanol), a partir da década de 1970. Iniciado em consequência da crise internacional decorrente dos altos preços do petróleo, o etanol da cana-de-açúcar passou a ter um notório papel na economia brasileira, sobretudo por substituir a gasolina veicular e minimizar os efeitos do endividamento nacional associado à importação de petróleo para esse fim. Esse ciclo durou até meados da década de 1980, quando essa crise foi razoavelmente superada e o setor entrou em estagnação e deixou de receber subsídios do governo federal consubstanciados no Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) vigente de 1975 a 1979. O setor se manteve até praticamente o final dos anos 1990, e mesmo desde então, devido, sobretudo à produção do açúcar, que jamais deixou de representar um importante produto no mercado nacional e principalmente de exportação, pois de longa data o País é um dos maiores exportadores de açúcar.

Como lembram numerosos autores, dentre eles Macedo (2005), apesar dos movimentos ambientais terem se iniciado naquela mesma década, só a partir do final dos anos 1990, e principalmente dos anos 2000, é que o etanol brasileiro ressurgiu como importante elemento substituto do petróleo, porém, por ter vantagens não só competitivas no mercado, como por ser menos impactante do ponto de vista dos gases do efeito estufa (GEE) promotores do aquecimento global, segundo o Painel Intergovernamental do Clima (IPCC). Neste contexto, os biocombustíveis ou os combustíveis renováveis, ganharam maior mercado em relação à substituição dos combustíveis fósseis, posicionando o Brasil como um importante detentor da matriz

energética representada pelo etanol da cana-de-açúcar. Segundo a World Wide Fund for Nature (WWF) (2008), o etanol brasileiro, fabricado a partir da cana-de-açúcar, possui menor preço de produção que o etanol norte americano fabricado a partir do milho, e que o etanol europeu, fabricado a partir da beterraba, logo sendo capaz de praticar preços bastante competitivos. Isto promoveu o setor sucroalcooleiro brasileiro a um melhor nível de eficiência produtiva no mercado internacional. Além da demanda mundial, a produção sucroalcooleira nacional também se destacou no mercado interno, ampliando a sua importância e reformulando a produção nacional, principalmente associada à produção de veículos *flex* ou bicombustível.

Em síntese, a cana-de-açúcar projetou o Brasil internacionalmente, o que contribuiu para consolidar ainda mais sua importância na base produtiva nacional, estando diretamente estabelecida na história do desenvolvimento brasileiro, onde, desde a colonização, é um dos mais importantes itens econômicos nacionais (GOES; MARRA; SILVA, 2008).

Nos últimos 30 anos, houve uma valorização do etanol como combustível alternativo aos derivados de petróleo, sendo um dos substitutos mais viáveis dos combustíveis fósseis. Além disto, o fortalecimento do mercado do açúcar e de derivados do etanol enfatizou a indústria sucroalcooleira induzindo uma modernização e aumento da eficiência produtiva brasileira (GOES; MARRA; SILVA, 2008).

Neste capítulo, são tratados os temas da evolução da cana-de-açúcar no Brasil, os marcos regulatórios e a situação atual do setor no País, de modo a situar a expansão canavieira recente no Cerrado, em particular no estado de Goiás, na região do Sudoeste Goiano, área objeto desta tese, onde a expansão vem se intensificando e ganhando novas áreas sobre culturas consolidadas, como soja e pastos. Assim, desde o início da década de 2000 são enfatizados os elementos físicos e logísticos da paisagem que favorecem tal expansão.

1.1 O avanço da cana-de-açúcar no Brasil

A produção da cana-de-açúcar no Brasil apresenta uma trajetória diretamente ligada às bases da formação do território nacional. O processo de formação canavieira se deu desde o período colonial, nos séculos XV ao XVIII, quando se tornou um dos principais produtos comerciais do país e voltado, sobretudo, para exportação. Esta importância manteve-se até os dias atuais, devido à participação nacional no mercado internacional, principalmente do açúcar, como mostra a balança comercial brasileira.

O processo de estruturação da produção canavieira ocorreu em três distintos grandes fases. A primeira, sobretudo do século XVI ao XVIII, relacionada ao referido período colonial, quando se enquadrava como uma produção alimentícia, com base no açúcar e na produção de cachaça, concentrada na Região Nordeste do País, prosseguindo assim até a segunda metade do século XX. A segunda deu-se neste século XX, intensificadamente a partir da década de 1970 e marcada pela inserção da produção canavieira no contexto energético por meio do PROÁLCOOL (RAMOS, 2008), quando a cultura foi expandida para as Regiões Sul e Sudeste, as quais passaram a liderar a produção de etanol e de açúcar e a concentrar maior número de usinas, assim permanecendo até os dias atuais. Por fim, a terceira fase, no final do século XX e início do XXI, caracterizada como a mais recente, iniciada no final da década de 1990 e prosseguindo daí em diante, quando o setor retoma o etanol como uma alternativa aos combustíveis fósseis derivados do petróleo, principalmente a gasolina e o óleo diesel, revelando-se viável ambiental e economicamente, diante do provimento de tratados ambientais internacionais. Esta última fase, que pode ser considerada a atual, é bem representada pelo Plano Nacional de Agroenergia (2006-2011), que inclui o etanol da cana-de-açúcar no contexto dos biocombustíveis quanto se trata de energia renovável (CASTRO et al., 2010).

No período colonial, a indústria canavieira se configurou como produção alimentícia, por meio do açúcar, rapadura e cachaça, embora já desse sinal do potencial energético (RAMOS, 2008). Contudo, um dos períodos de maior êxito da produção canavieira no Brasil deu-se na época da criação do PROÁLCOOL que vigorou no período de 1975 a 1979, com desdobramentos que se estenderam pelo menos até 1989 (CASTRO et al., 2010).

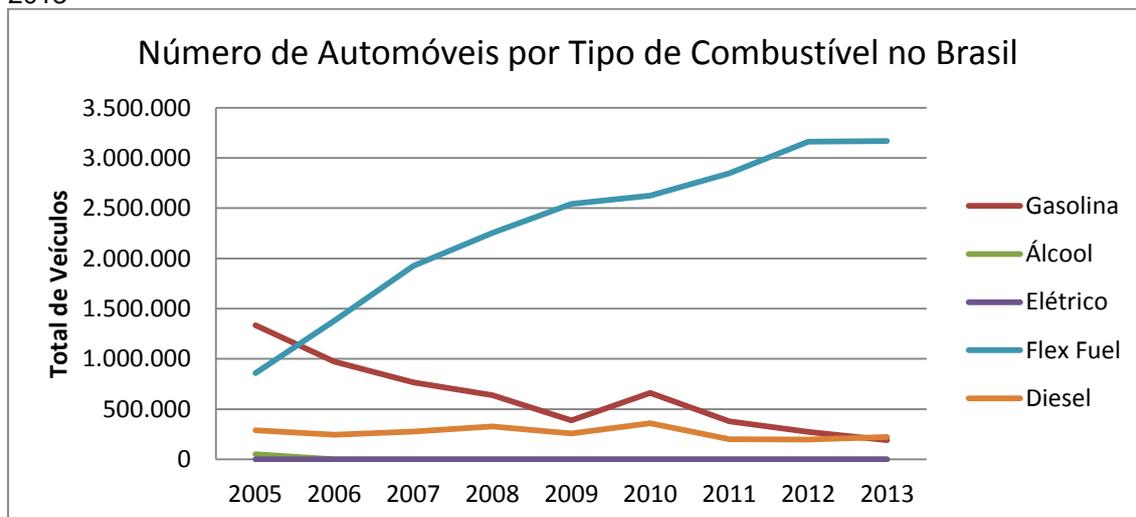
O objetivo do PROÁLCOOL era conter os efeitos negativos da crise do petróleo inserindo o etanol da cana-de-açúcar como combustível substituto da gasolina veicular. Tratou-se de uma política pública que se baseava no incentivo governamental visando à criação de um mercado constituído pela demanda de veículos automotores (principalmente automóveis) e similares, movidos a álcool. Todavia, o programa foi marcado por crises de desabastecimento que enfraqueceram a confiança dos consumidores, logo do mercado, perdendo a competitividade no mercado nacional, sobretudo após a normalização dos preços do petróleo, ocorrida na década de 1980.

Na fase posterior ao PROÁLCOOL, aqui considerada como terceira e atual fase (CASTRO et al., 2010; PIETRAFESA, CASTRO, TRINDADE, 2012), ou mesmo de *Terceira Marcha para o Oeste* (PIETRAFESA, SAUER, 2012); a produção canavieira novamente ganhou destaque na produção nacional, em consequência de uma nova crise, desta feita a ambiental global. Em meio a protocolos ambientais

internacionais, principalmente o protocolo de Quioto, referente às mudanças climáticas e as emissões de gases do efeito estufa (GEE), os combustíveis renováveis ganham notoriedade internacional devido serem menos poluentes por não contribuírem com emissões desses gases. Diante do potencial poluidor do petróleo, ainda agregado à sua condição de não renovável e com reservas comprometidas, os biocombustíveis renováveis ressurgiram, após quase três décadas de retração no País, na pauta internacional, como uma nova e viável alternativa energética. Embora possa ser produzido de outras fontes (milho, algas, madeira e outras) o etanol da cana-de-açúcar desponta no cenário como uma alternativa competitiva em relação às demais, embora em relação ao milho, especialmente nos Estados Unidos, a competição possa ser mais acirrada, porém por outros motivos agregados à discussão.

A demanda mundial por fontes renováveis de energia põe em evidência a produção brasileira do etanol, promovendo um intenso e novo avanço produtivo nesse mercado agroindustrial brasileiro. Este terceiro ciclo da agroindústria canavieira foi ainda fortalecido pelo Plano Nacional de Agroenergia (PNA, 2006) e os decorrentes Zoneamentos Agroecológicos para o cultivo da planta (ZAE-Cana), contribuindo para uma nova expansão canavieira no território nacional rumo ao Centro-Oeste, onde as condições edafoclimáticas se mostravam favoráveis, bem como a infraestrutura e logística. Ainda foi fortemente favorecida pela inserção no mercado doméstico de carros bicompostíveis, os “*flex fuel*”, movidos à gasolina e/ou a álcool, claramente responsáveis pelo aumento da demanda e consumo internos do etanol da cana-de-açúcar (Figura 1).

Figura 1 - Produção de automóveis no Brasil por tipo de combustível entre os anos de 2005 a 2013



Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores-ANFAVEA

Nota: Os anos de 2005 a 2010 a base dos dados é o número de veículos produzidos. Os anos de 2011 a 2013 possui como base o número de veículos licenciados.

Como mostra a figura 1 é possível constatar o aumento constante da produção dos automóveis “*flex fuel*” (bicombustíveis) desde 2005, que praticamente triplicou até 2013. Ao analisar a produção de automóveis no Brasil por tipo de combustível, é interessante notar também a redução da produção de veículos movidos exclusivamente à gasolina e a estabilidade dos veículos movidos a diesel, e, em pequena proporção, a produção de veículos movidos exclusivamente a álcool e à eletricidade.

Jank e Rodrigues (2007) analisaram o mercado dos preços mensais do etanol para caracterizar a produção sucroalcooleira brasileira. Para os autores, nos últimos 30 anos houve grandes avanços no setor, principalmente a transformação de uma indústria que era basicamente alimentícia para uma agroindústria energética, associada a essa fonte renovável de produção de combustível e eletricidade, o etanol. Esta transformação produtiva foi estruturada diante de um importante desenvolvimento tecnológico e investimentos financeiros que resultaram maiores níveis de produtividade. Neste cenário, o etanol brasileiro atinge três perspectivas das quais são: o mercado interno de biocombustíveis, a bioeletricidade e o mercado externo (biocombustíveis). Este cenário brasileiro fez com que, a partir de 2006, o setor sucroalcooleiro brasileiro registrasse o maior índice de crescimento, fazendo também com que o etanol alcançasse as maiores taxas de participação na balança comercial, tornando-se líder entre os 50 produtos mais exportados, com crescimento de 109% em relação a 2005 (GOES; MARRA; SILVA, 2008).

Essa recente expansão ocorrida no contexto dessa mudança de uma dinâmica produtiva anterior do açúcar e cachaça, para o etanol e a bioenergia, ampliaram significativamente a base produtiva do setor que, por sua vez, demandou o aumento da área de cultivo da cana-de-açúcar. Assim, a produção do açúcar passa por um aumento produtivo em relação ao mercado interno, embora paralelamente a um mercado internacional de ritmo bem mais lento e muito competitivo. Contudo, no Brasil a produção do etanol possui dois alvos, o mercado interno e o externo. No mercado interno atende às demandas de produção de carros “*flex fuel*”, mas sofre interferência da entressafra e de fatores externos, como os climáticos e mesmo de políticas internacionais. No mercado externo, embora tenha havido grande aumento nas exportações e no consumo como energia renovável inclusive pela vantagem de mistura na gasolina, o etanol ainda depende de sua transformação em uma commodity energética mundial (GOES; MARRA; SILVA, 2008).

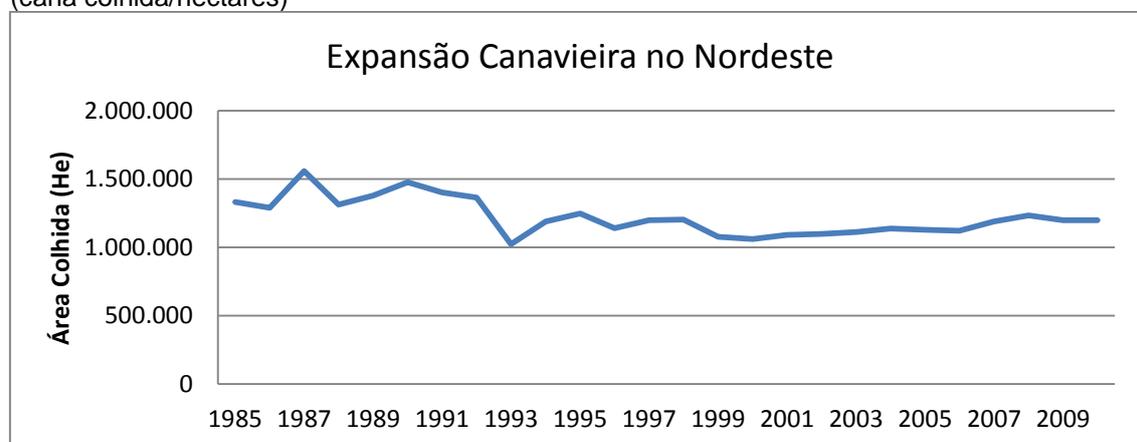
Durante essas três fases da agroindústria canavieira brasileira, ocorreram também grandes mudanças espaciais nas áreas de cultivo e produção. Lima (2009)

mostra que a cana-de-açúcar no Brasil possui trajetória clara e definida, a qual, segundo a autora, está distribuída em duas categorias: as regiões tradicionais e as não tradicionais. Segundo ela, essa distinção torna-se importante, pois a Região Sudeste e a Região Nordeste brasileiro possuem um histórico baseado na relação entre usinas e posse das terras, em que o setor detém essa posse e o Nordeste ainda responde quase exclusivamente pelas exportações de açúcar para a Europa e o Sudeste pelo atendimento ao mercado interno de açúcar e também de etanol, além das exportações de ambos.

Porém, nos últimos anos, as regiões não tradicionais ganharam importância na produção canavieira brasileira, principalmente a região Centro-Oeste, muito embora correspondam, na realidade, à expansão da fronteira canavieira do Sudeste rumo ao Centro Oeste, ampliando o chamado polígono da cana (CANASAT/INPE, 2013), o qual na sua origem é do tipo região tradicional. Além disso, a posse da terra não é mais prática usual, apenas num raio de segurança a partir das usinas para não comprometer o abastecimento para a moagem e produção que em São Paulo. Na maioria das vezes as terras são arrendadas, como evidencia o crescimento substancial de contrato de arrendamento de longa duração, estendo esse raio inicial em até 30 Km em São Paulo e 40 km em relação às unidades industriais na região Centro-Oeste (SILVA; MIZIARA, 2010). No mais as usinas trabalham com fornecedores de cana nessas áreas, fornecendo mudas e recomendações de manejo.

A primeira região tradicional na produção de etanol é à nordestina, como representado na figura 2, onde abrange mais de 1,5 Mha até o início dos anos 1990 embora decresça notavelmente a para pouco mais de 1 Mha de área plantada daí em diante.

Figura 2 - Expansão de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares)

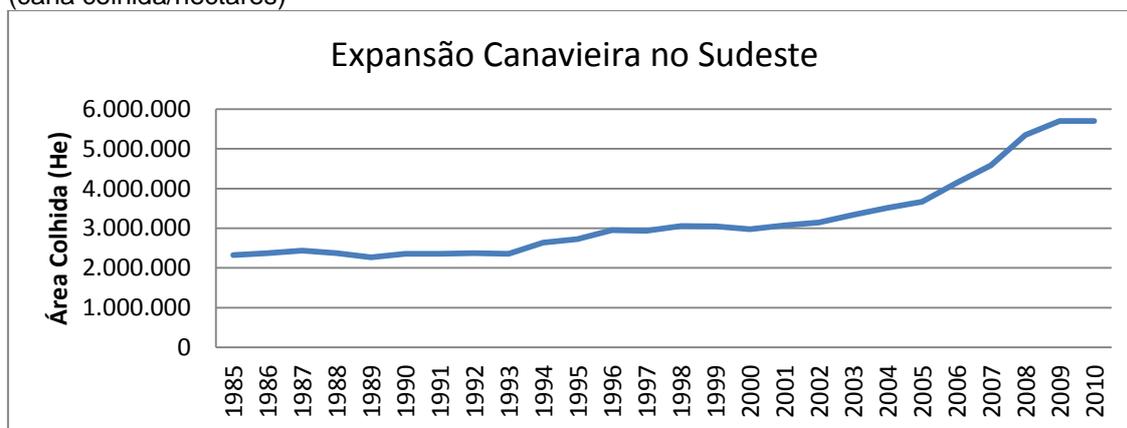


Fonte: IPEA-Data/IBGE.

A Região Nordeste teve importante participação na produção canavieira durante o período de vigência do PROÁLCOOL, que se encerrou em 1979, mas seus efeitos se estenderam até meados dos anos 1980, principalmente. Entretanto, fica evidente que a produção passa por período de estagnação a partir de 1993, com pequenas oscilações e mesmo sem revelar influência do Plano Nacional de Agroenergia (Figura 2).

Outra região tradicional na produção canavieira é o Sudeste do país, cuja curva de produção pode ser verificada na figura 3.

Figura 3 - Expansão de cana-de-açúcar no Sudeste brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares)



Fonte: IPEA-Data/IBGE.

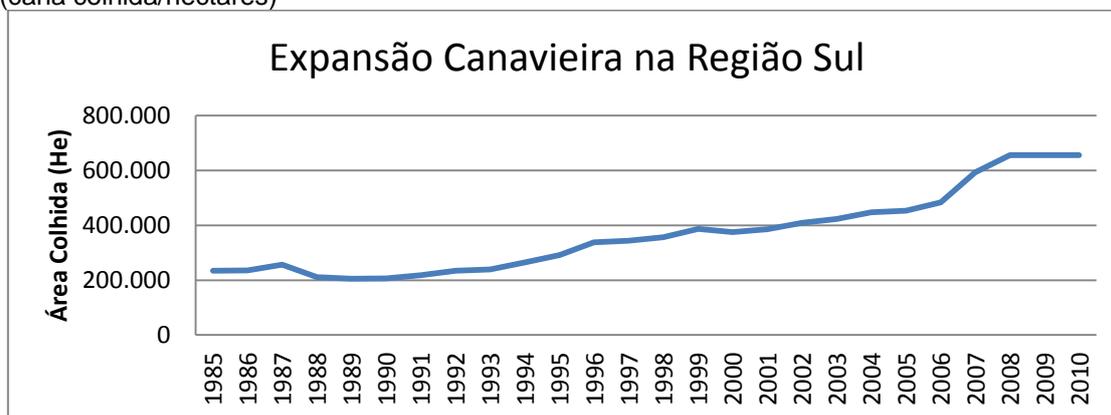
A Região Sudeste abriga o maior Estado produtor nacional de cana-de-açúcar, São Paulo, que responde por cerca de metade da produção de açúcar e de etanol, e por sua vez também, o maior Estado consumidor. Além deste, abriga outro importante produtor que é o estado de Minas Gerais, que é hoje o terceiro maior produtor do País, depois de Goiás. A região Sudeste mostrou altos níveis de produção no período do PROÁLCOOL e também um robusto aumento na atual fase de expansão canavieira. É importante ressaltar que nesta região se concentram os maiores contingentes populacionais e, em decorrência, as maiores frotas de veículos do País, sobretudo *flex fuel*.

Quanto às regiões não tradicionais de produção de etanol, destacam-se as regiões Sul, Norte e Centro-Oeste. A Região Sul passou por oscilações quanto à área cultivada (Figura 4). Embora a produção seja crescente, não chega ao mesmo patamar do Nordeste. Também é possível verificar um gradativo aumento da produção, principalmente a partir de 1995, com maior expressão em 2007, portanto muito mais relacionada à fase atual do que à do PROÁLCOOL.

A região Sul, por sua vez, reúne importantes mercados consumidores e um dos maiores produtores nacionais, o estado do Paraná. A grande dificuldade encontrada

para o avanço da cana-de-açúcar nessa região é de natureza climática, exceto o estado do Paraná, de clima mais ameno que no restante do Sul que é subtropical, lembrando que é uma cultura mais adaptada às condições climáticas com temperaturas mais elevadas, logo tropicais por excelência.

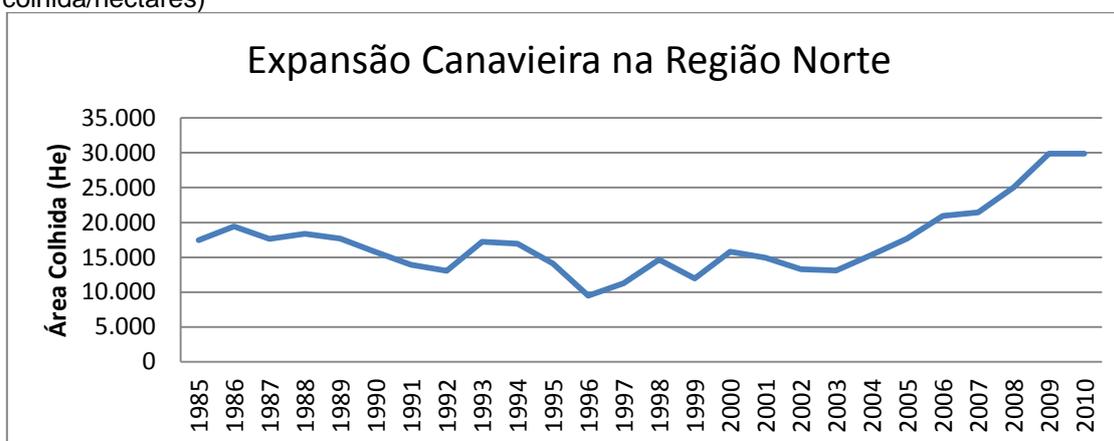
Figura 4 - Expansão de cana-de-açúcar no Sul brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares)



Fonte: IPEA-Data/IBGE.

A Região Norte do país (Figura 5) possui as menores áreas de produção, comparativamente ao Sudeste e Sul. Vários fatores explicam nesta participação, sendo possivelmente as severas restrições ambientais quanto à ocupação da Amazônia. É importante observar, assim como no Nordeste, a existência de vários períodos de oscilação na produção. Contudo, observa-se um declínio pós-PROÁLCOOL e uma retomada da ascensão no presente século, associado à fase atual, sobretudo a partir de 2003.

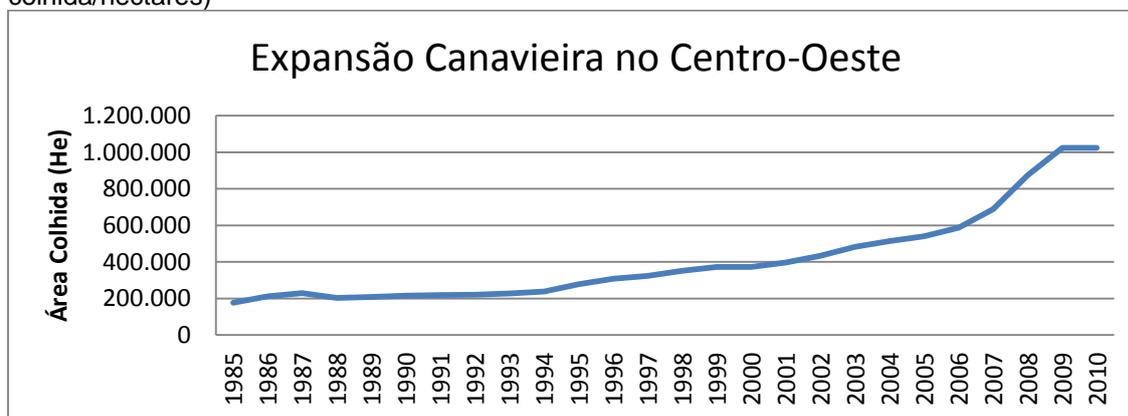
Figura 5 - Expansão de cana-de-açúcar no Norte brasileiro entre os anos de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares)



Fonte: IPEA-Data/IBGE.

A Região Centro-Oeste (Figura 6) passou por uma intensa alteração na sua produção canavieira, sendo possível perceber um aumento expressivo na produção regional no presente século, portanto também associado à fase atual, já que antes de 1995 apresentava produção baixa, pouco inferior à Região Sul.

Figura 6 - Expansão de cana-de-açúcar no Centro-Oeste brasileiro de 1985 a 2010 (cana colhida/hectares)



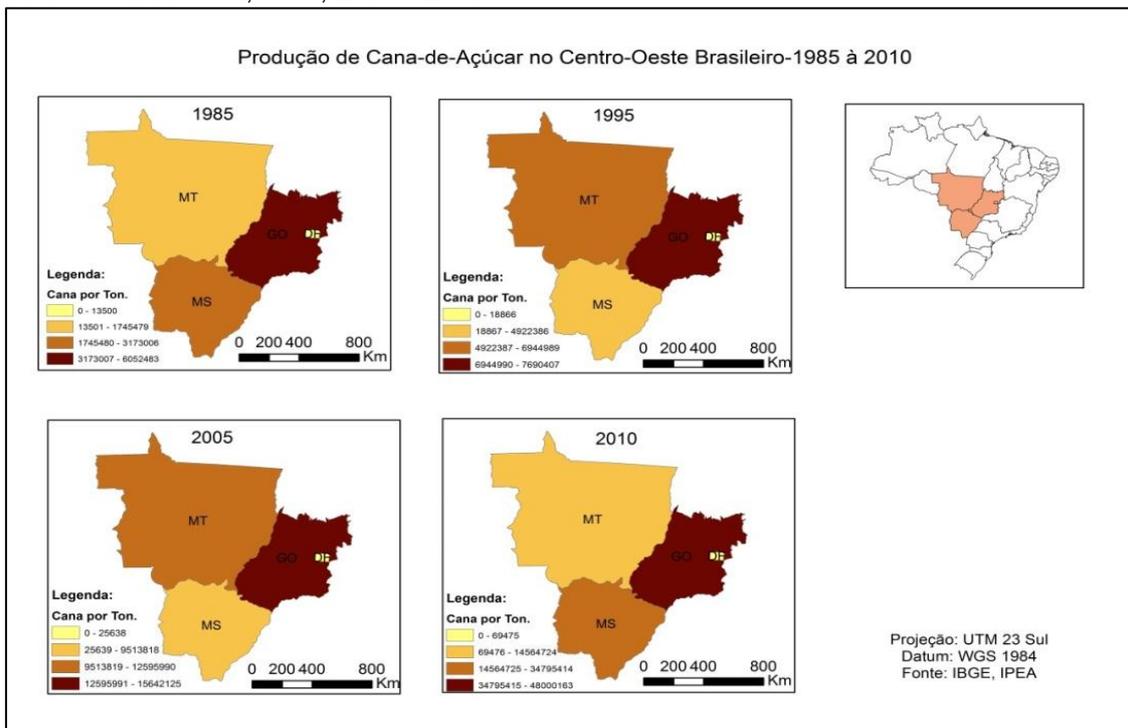
Fonte: IPEA-Data/IBGE.

Convém ressaltar, portanto, que as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país lideraram a ampliação de área de cultivo da cana-de-açúcar no contexto da recente expansão, constituindo a terceira fase da evolução do setor, que segundo Goes, Marra, Silva (2008) é a tendência recente da produção de etanol e açúcar no País. Especificamente, o maior aumento de área de cultivo vem ocorrendo nas porções oeste e noroeste do estado de São Paulo, dada a pouca disponibilidade de terras nas demais regiões; no Paraná, vai em direção à porção noroeste, sobre solos derivados do Arenito Caiuá, na maioria frágeis (arenosos); em Minas Gerais, a produção está sendo direcionada ao Triângulo Mineiro sobre solos derivados de arenitos e basaltos em áreas de chapadas, onde vem substituindo culturas de grãos; no Mato Grosso do Sul nas regiões da Bacia do Paraná, exceto no Pantanal, e em Goiás, na região Sul do estado, em especial no sua região Sudoeste Goiano, onde respectivamente vem substituindo pastagens e áreas de grãos. Estas três últimas tem a sua expansão descrita como associada às melhores condições edáficas que permitem a mecanização e à facilidade de escoamento da produção por meio de sistema logístico já consolidado pela Modernização da Agricultura associada À expansão da Fronteira Agrícola da segunda metade do século passado.

O início da maior expansão canavieira no Centro-Oeste brasileiro, ocorre principalmente da década de 1990 em diante (Figura 7), a qual revela que a maior área de produção no período deu-se em 2010. Contudo, a produção canavieira

ganhou importante destaque a partir do ano de 2004- 2005, quando seu crescimento se tornou praticamente exponencial, pelo menos até 2008.

Figura 7 - Principais produtores de cana-de-açúcar no Centro-Oeste brasileiro em Cana/tonelada-1985, 1995, 2005 e 2010



Fonte: IPEA-Data/IBGE.

A região Centro-Oeste insere-se no Domínio de Cerrado, cujos solos e climas se assemelham àqueles do centro-oeste de São Paulo, tornando-se assim, uma espécie de área de prolongamento canavieiro desse Estado. Corrobora essa interpretação o fato de estarem sendo instaladas filiais produtivas paulistas para a fabricação de etanol/açúcar nessa região (PIETRAFESA; SAUER, 2012). Pelo Cerrado do Centro-Oeste apesar de se tratar de uma região não tradicional na produção canavieira, mas produtiva de grãos e carne, esta abriga sistemas logísticos que a interligam ao Sudeste e ao Sul do País. O maior produtor regional é o estado de Goiás, que nos últimos anos vem recebendo grandes investimentos do setor e aumentado gradativamente a sua participação no mercado nacional e internacional.

O estado de Goiás, quase que exclusivamente coberto pelo Cerrado antes da expansão da fronteira agrícola dos anos 1970, transformou-se no maior produtor de cana-de-açúcar do Centro-Oeste (Figura 7), ultrapassando o Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal.

Em síntese, a produção canavieira brasileira é dividida em importantes blocos produtivos distribuídos em suas regiões, conforme a tabela 1. Nesta, é possível

constatar a variação da produção canavieira no país, por região, a partir de 1985 a 2010. Os eixos tradicionais, Nordeste e Sudeste, apresentam uma elevada participação nacional. Todavia, regiões não tradicionais vêm ganhando espaço no cenário canavieiro do país, como no caso da Região Centro-Oeste, que em 1985 apresentava apenas 4,35% da produção nacional, e saltou para 11,89% em 2010, valor muito próximo à da produção nordestina que se encontra em constante queda, como já exposto.

Tabela 1-Produção de cana-de-açúcar por regiões administrativas brasileiras - 1985-2010

Região	1985 (ton/hect.)	%	1995 (ton/hect.)	%	2005 (ton/hect.)	%	2010 (ton/hect.)	%
Nordeste	1.332.355,00	32,62	1.246.516,00	27,34	1.127.812,00	19,43	1.197.494,00	13,90
Sudeste	2.322.769,00	56,86	2.728.496,00	59,85	3.666.508,00	63,16	5.705.626,00	66,25
Sul	234.611,00	5,74	291.429,00	6,39	453.693,00	7,81	655.556,00	7,61
Norte	17.461,00	0,43	14.131,00	0,31	17.667,00	0,30	29.880,00	0,35
Centro-Oeste	177.662,00	4,35	278.490,00	6,11	539.858,00	9,30	1.023.738,00	11,89
Total	4.084.858,00	100,00	4.559.062,00	100,00	5.805.538,00	100,00	8.612.294,00	100,00

Fonte: IPEA-data/IBGE

Juntamente com o aumento de produção de cana, a região Centro-Oeste passou, nos últimos anos, por um intenso aumento das agroindústrias canavieiras processadoras (Tabela 2). Este aumento pode ser identificado pelo número atual de 68 unidades produtoras localizadas na região, em 2015. Deste total, a maior concentração é em Goiás, que neste mesmo ano possui 36 projetos em operação. Em seguida apresenta-se o estado de Mato Grosso do Sul, com 23 usinas em operação e Mato Grosso, com apenas nove projetos. O Distrito Federal não possui usinas processadoras cadastradas junto ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e nem produção submetida a nenhuma unidade produtiva.

Tabela 2-Número de destilarias na Região Centro-Oeste, por estado - 2010-2015

Região	Estado	2010	2012	2015
Centro-Oeste	MT	10	11	9
	MS	21	21	23
	GO	33	34	36
	DF	0	0	0
Total		64	66	68

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Nos últimos anos, Goiás passou por transformações em consequência do rápido e notável processo de expansão canavieira, em especial na sua mesorregião Sul, onde se encontram as melhores condições edafoclimáticas para a cana (CASTRO et al., 2007, 2010; MANZATO, 2009; FERRAZ, 2013; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013). Novas unidades processadoras vêm se instalando na região e ampliando a área de canaviais. Em consequência, no Sul Goiano vem ocorrendo pressões ambientais e socioeconômicas associadas à busca por melhores áreas para plantio gerando disputas entre terras agrícolas (ABDALA, 2012; ABDALA; RIBEIRO, 2012) e a cana vem substituindo áreas de culturas anuais tradicionais, sobretudo soja e milho (BARBALHO; SILVA; CASTRO 2013), em particular nas microrregiões Meia Ponte (ABDALA; CASTRO, 2010) e Sudoeste Goiano (PIETRAFESA; CASTRO; TRINDADE, 2013). Ferraz (2013), como Castro et al. (2007), chamam a atenção para o fato de que em termos ambientais a maior pressão se encontra sobre os recursos hídricos, devido não propriamente em termos de sua oferta que é considerável na região, mas em termos de consequências, pois que se trata de clima com estação seca e déficit pluviométrico mais severo que em São Paulo, demandando irrigação, seja de salvamento, seja para a fertirrigação com vinhaça. Há também evidências de conversão de remanescentes de Cerrado à cultura de cana (PIETRAFESA; CASTRO; TRINDADE, 2013; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013), ou pastagens, devido à deslocamento de grãos que cederam lugar à cana, embora a oferta dos mesmos na região já fosse pequena, dado que a expansão da fronteira agrícola dos anos 1970 se encarregou de seu intenso desmatamento.

A compreensão do fenômeno da expansão da cana-de-açúcar em Goiás se torna importante devido o Estado se inserir entre os maiores produtores de cana do país e ter terras disponíveis ainda com aptidão agrícola satisfatória para continuar esse processo, como o ZAE-Cana apontou, de mais de 12 Mha com potencial (MANZATO et al., 2009), o que corresponde a quase metade da área do Estado.

1.2 Os Marcos Regulatórios da Cana-de-Açúcar no Brasil

Três marcos regulatórios devem ser destacados, por serem vinculados às fases de evolução da cana-de-açúcar no País, traduzidos como políticas públicas: O Programa Nacional do Álcool (1975-79), o Plano Nacional de Agroenergia (2006-11) e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (MANZATO et al., 2009).

1.2.1 O Programa Nacional do Álcool

O Programa Nacional do Álcool-PROÁLCOOL foi criado pelo Decreto nº 76.593, de 14 de Novembro de 1975, com o objetivo de minimizar os efeitos negativos da crise internacional do petróleo no Brasil, como já exposto. O seu alvo foi atender as necessidades internas e externas do mercado de combustíveis do país, instituindo uma política para os combustíveis para veículos automotores. Para tanto, incentivou a instalação de novas destilarias, além de subsidiar a ampliação e modernização das usinas já existentes. Juntamente com a ampliação da oferta de destilarias, houve o incentivo do aumento de matéria-prima, o que se deu com aumento de áreas de cultivo, sobretudo na Região Sudeste e em especial no estado de São Paulo, como apontam vários autores, alguns já citados anteriormente. O intuito do PROÁLCOOL era, em suma, ampliar a independência brasileira dos combustíveis fósseis.

O PROÁLCOOL foi fomentado diante da produção de quaisquer insumos capazes de produzir etanol, porém ganhou destaque na produção derivada da mandioca e da cana-de-açúcar, prevalecendo esta no Programa, devido maiores facilidades de manejo para o setor. O PROÁLCOOL foi um Programa interministerial, instituído e conduzido pelos ministérios da Fazenda, Agricultura, Indústria e Comércio, Minas e Energia, Interior e a Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

Se a trajetória do PROÁLCOOL foi marcada pela ampliação na produção de álcool no país, em três fases, as quais se manifestaram de 1975 a 1979; 1980 a 1986; 1987 a 1995, por outro lado também foi marcada pelo descrédito devido crises de abastecimento nacional. Estas fases foram marcadas, respectivamente, pela criação do Programa, seguida pela de afirmação ou auge do sucesso e por fim, pela sua estagnação e declínio (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991). As principais áreas beneficiadas pelo PROÁLCOOL concentraram-se nos estados de São Paulo, Paraná, Goiás e Mato Grosso. Com o Programa, São Paulo, que já era responsável pela metade da produção de etanol/açúcar do país, passou a dominar dois terços da produção nacional. Os demais passaram a fazer parte do eixo de expansão da cana, principalmente para a produção de etanol, deslocando cada vez mais a concentração da produção para o Sul-Sudeste (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991).

O PROÁLCOOL teve as suas usinas implantadas e subsidiadas até 1986, quando terminou, quando, no ano seguinte, o governo federal suspendeu os financiamentos para novas destilarias pelo Decreto 2.401 de 1987, que encerrou o apoio governamental ao setor, transferindo-o inteiramente para o setor privado (AZEVEDO; THOMAZ JR; OLIVEIRA, 2008).

Em Goiás, o PROÁLCOOL foi representado pela instalação de três usinas na microrregião Sudoeste (Santa Helena de Goiás, Turvelândia e Rio Verde). A usina Santa Helena tornou-se pioneira do Estado, situada no município homônimo; a Usina Vale do Verdão se situa em Turvelândia e a Decal que se situa em Rio Verde. Na região Central do Estado, apenas uma usina foi instalada em Goianésia, do grupo Jales Machado, tornada referência no Estado por diversas razões, relativas à sustentabilidade do empreendimento. Sua implantação no centro do Estado deveu-se às condições edáficas e de relevo favoráveis, embora não fossem muito extensas, ao contrário das anteriores.

O declínio do PROÁLCOOL foi marcado por crises de desabastecimento de etanol, para atender ao consumo crescente, explicada pela preferência pela produção de açúcar, devido seu melhor preço no mercado internacional, que o setor sucroalcooleiro mirava, deixando de produzir etanol e vice-versa, em função do mercado, gerando oscilações, que atingiram em cheio o consumidor, que veio a desacreditar do Programa. Além dos problemas de abastecimento, outro entrave foi a estabilização dos preços dos combustíveis fósseis no mercado internacional na década de 1980, levando o consumidor a optar pelos veículos movidos à gasolina/diesel diante também das dificuldades inclusive mecânicas dos veículos a álcool (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991),

Muito tempo se passou depois do PROÁLCOOL, cerca de três décadas, sem que o setor fosse alvo de novas políticas do governo federal, durante as quais o setor se reorganizou e desenvolveu novas tecnologias agrícolas e industriais mais modernas.

1.2.2 O Plano Nacional de Agroenergia

O Plano Nacional de Agroenergia - PNA (MAPA, 2006) surgiu no presente século XXI, cerca de 30 anos após o PROÁLCOOL, com o objetivo de ampliar a produção energética nacional por meio do cultivo de plantas produtoras de energia e considerando uma produção sustentável, no contexto da crise ambiental associada ao aquecimento global indutor das mudanças climáticas globais, promovido pelo primeiro relatório do IPCC.

A viabilidade técnica e econômica de uso da biomassa para a produção de energia “limpa” reacendeu a busca pelo uso de energias renováveis derivadas do agronegócio e pautadas na geração de novas tecnologias tanto do setor público como do privado.

Segundo o relatório que sustenta o PNA, o país deverá atingir as seguintes metas: a) Assegurar o aumento da participação de energias renováveis no Balanço Energético Nacional (BEN); b) Garantir a interiorização e a regionalização do desenvolvimento, baseados na expansão da agricultura de energia e na agregação de valor nas cadeias produtivas a ela ligadas; c) Criar oportunidades de expansão de emprego e de geração de renda no âmbito do agronegócio, com mais participação dos pequenos produtores; d) Contribuir para o cumprimento do compromisso brasileiro no Protocolo de Quioto e possibilitar o aproveitamento das oportunidades que o acordo favorece para a captação de recursos de crédito de carbono; e) Induzir a criação do mercado internacional de biocombustíveis, garantindo a liderança setorial do Brasil; f) Otimizar o aproveitamento de áreas resultantes da ação humana sobre a vegetação natural (áreas antropizadas), maximizando a sustentabilidade dos sistemas produtivos, desestimulando a expansão injustificada da fronteira agrícola e o avanço rumo a sistemas sensíveis ou protegidos; g) Desenvolver soluções que integrem a geração de agroenergia à eliminação de perigos sanitários ao agronegócio (PNA, 2006).

Seguindo os objetivos do PNA, também são propostas metas a serem atingidas quanto à produção de etanol. Estas medidas são: a) eliminar os fatores restritivos do potencial produtivo canavieiro; b) aumentar a produtividade por meio dos teores de sacarose e potencial energético dentro da eficiência industrial; c) minimizar o uso de insumos, por meio de tecnologias, mitigando os danos ambientais; d) desenvolver manejos agrícolas para a cana-de-açúcar, a fim de integrar os seus sistemas produtivos; e) otimizar o aproveitamento integral da energia das usinas de cana-de-açúcar por meio de melhorias dos processos atuais e pela criação de novos; f) desenvolver novos produtos e processos baseados na álcoolquímica e no aproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar (PNA, 2006).

Para viabilizar o PNA um dos seus instrumentos foi o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE- Cana) que delimitou as atuais áreas com diferentes graus de aptidão ao cultivo da cana no país e seu *status* atual, se estavam com agricultura ou pastagem, por Estado, e priorizou o Centro-Oeste, foco da expansão já iniciada.

1.2.3 O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

O Zoneamento Agroecológico da Cana-ZAE-Cana, como é mais conhecido, foi instaurado por meio do Decreto 6.961, de 17 de Setembro de 2009 com o intuito de subsidiar tecnicamente a expansão da produção de etanol e açúcar diante da

formulação de políticas públicas para atingir a sustentabilidade do setor. O ZAE-Cana, foi aprovado a partir da safra 2009/2010, constituindo-se como uma das mais importantes políticas para o direcionamento da produção do setor sucroalcooleiro. O objetivo do ZAE – Cana foi traçar diretrizes estratégicas com base numa avaliação espacial do potencial das terras para a produção canavieira em sistema de sequeiro (sem irrigação). Desta forma, visa alcançar uma expansão canavieira harmoniosa com a biodiversidade, tendo para isso, o planejamento desta expansão.

O ZAE-Cana foi elaborado por meio de técnicas de processamento digital que levaram em conta a análise da vulnerabilidade das terras com riscos climáticos, o potencial de produção agrícola e a legislação ambiental em vigor. Sobre estes aspectos, foram realizados estudos de solo, considerando sua distribuição e potencial de uso, com base nos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos e também a análise climática, considerando a precipitação, temperatura, ocorrência de geadas e veranicos. Estas variáveis resultaram na proposição de três classes de recomendação para a cana-de-açúcar: Alta, Média e Baixa e discriminadas pelos seus usos atuais predominantes: Agropecuária, Agricultura e Pastagem (MANZATO, 2009). Foram excluídas da análise: I) as terras com declividade superior a 12%, observando-se a premissa da colheita mecânica e sem queima para as áreas de expansão; II) As áreas com cobertura vegetal nativa; III) os biomas Amazônia e Pantanal; IV) as áreas de proteção ambiental; V) as terras indígenas; VI) os remanescentes florestais; VII) as dunas; VIII) os mangues; IX) as escarpas e afloramentos de rocha; X) os reflorestamentos e XI) as áreas urbanas e de mineração.

Os resultados do ZAE- Cana mostrou que as áreas aptas para a produção de cana-de-açúcar no país correspondem à cerca, 64,7 milhões de hectares. Deste total, 19,3 milhões de hectares são considerados de alto potencial produtivo; 41,2 milhões de hectares de médio potencial e 4,3 milhões de hectares com baixo potencial concentrando-se espacialmente no chamado polígono da cana (Figura 8).

As regiões com maior capacidade para expansão canavieira encontram-se no Centro-Oeste, com cerca de 30,3 milhões de hectares aptos ao plantio e o Sudeste, com 22,7 milhões de hectares. Neste cenário, os Estados que mais se destacam quanto à disponibilidade de terras aptas para a expansão são: Goiás, com cerca de 12,6 milhões de hectares (Figura 9); Minas Gerais, com cerca de 11,3 milhões de hectares, Mato Grosso do Sul, com cerca de 10,9 milhões de hectares e São Paulo, com cerca de 10,6 milhões de hectares.

Figura 8 - Zoneamento Agroecológico para a Produção Canavieira no Brasil (2009)



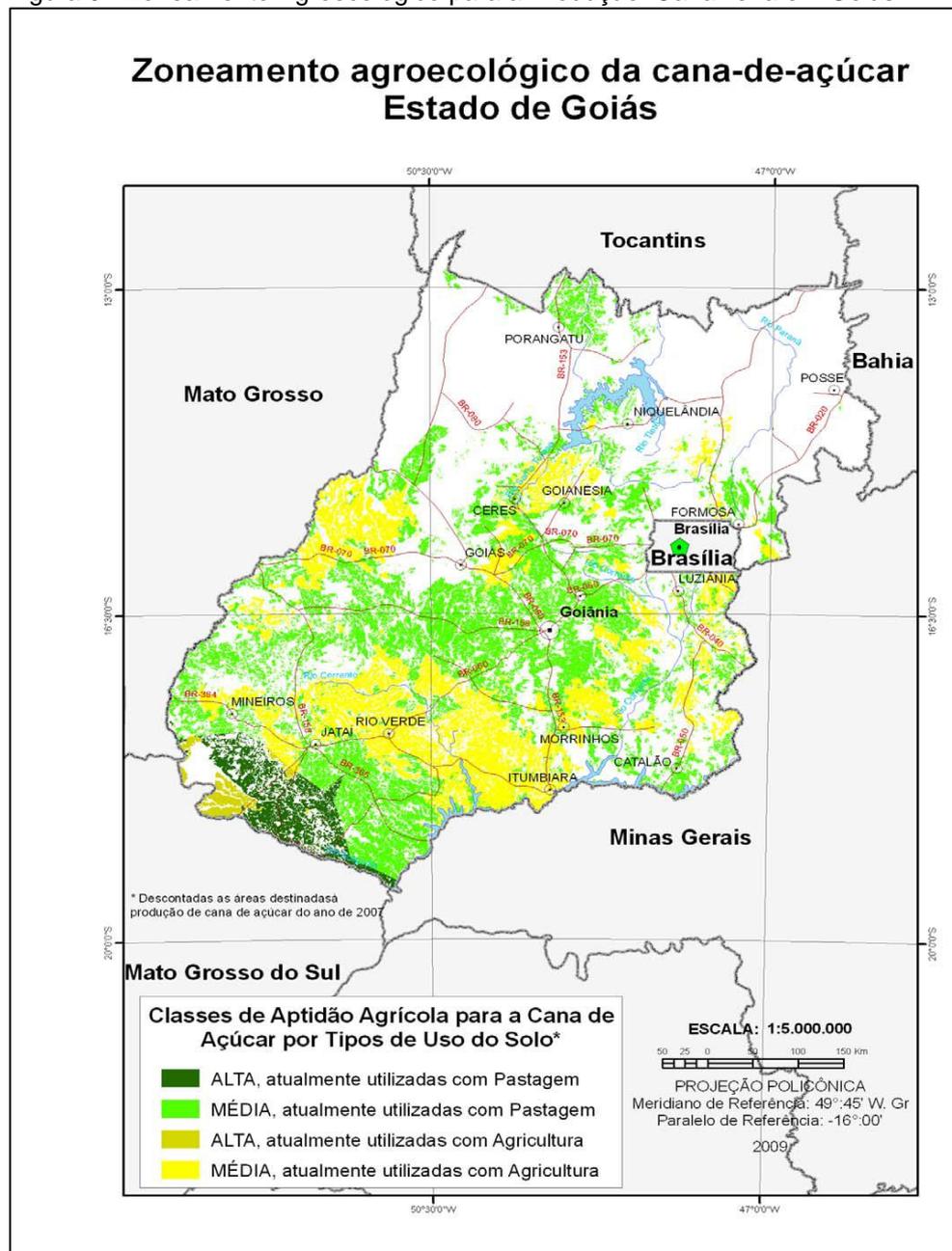
Fonte: Embrapa/Zoneamento Agroclimático da Cana-de-Açúcar para o Brasil.

Por meio do ZAE-Cana, embora as melhores áreas se encontrem nos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, pode-se observar a importância que o estado de Goiás representa nessa nova fronteira de expansão da cana, embora seja dominado pela aptidão média, com apenas uma pequena faixa ao sul apresenta alta aptidão. Apresenta grande extensão contínua de terras aptas, que se estendem de sua zona central até o sul, as quais estavam ocupadas na época com agricultura ou pastagem. Assim, o Estado se destaca pela grande oferta áreas de terras aptas para a produção sucroalcooleira, que abrange quase metade da área do Estado.

A questão que se coloca, no entanto, é que estando essas terras com uso agrícola e com pastos, haveria disputa por terras (ABDALA; RIBEIRO, 2012), e naturalmente impactos diretos e indiretos. Entretanto, com a infraestrutura viária, o

álcool e o restante da logística pode-se contar favoravelmente à expansão canieira em Goiás, como se verá a seguir.

Figura 9 - Zoneamento Agroecológico para a Produção Canieira em Goiás



Fonte: Embrapa/Zoneamento Agroclimático da Cana-de-Açúcar para o Brasil.

1.2.4 A Expansão do Setor Sucroalcooleiro em Goiás

Os primeiros registros do avanço da cultura canavieira na região de Goiás surgiram com a instalação de engenhos no período pós-mineração, por volta de 1800, estruturando uma importante alternativa produtiva no Cerrado. Em meio a uma exploração mineral, sobretudo a produção de ouro, afetada economicamente com a diminuição das jazidas, criou-se um ambiente de crise, pois o esgotamento das fontes produtoras detentoras deste metal não eram mais capazes de suprir a demanda. Nesse momento de crise, a alternativa da produção da cana-de-açúcar foi à opção que sustentou a economia regional, que, no caso do Centro-Oeste, com destaque na produção de açúcar e de aguardente. Essa nova base produtiva tornou-se um pilar econômico não tão lucrativo quanto à mineração de metais preciosos, mas se transformou numa fonte de renda alternativa que garantia a sobrevivência. Dessa forma, os engenhos tornaram-se uma importante alternativa à produção mineral, que amenizou um pouco a crise econômica da mineração.

Nessa perspectiva, Araújo e Fernandes (2012) descreveram o processo da chegada da cana-de-açúcar no Cerrado, especificamente no Centro-Oeste do Brasil e relacionaram o processo de ocupação do território em que associavam a escravatura e a mineração. Segundo eles, a procura por metais e pedras preciosas justificou a ocupação do Centro-Oeste. Porém, notaram a decadência da mineração no Século XIX, sentida em todo território nacional. Com isso houve o crescimento da produção de aguardente, essa realizada em maior escala do que a de açúcar, sendo um produto com mais facilidade para escoamento para o mercado consumidor da época. Dessa forma, a produção de cana-de-açúcar foi aumentando gradativamente, localizando-se principalmente nas áreas lindeiras aos rios, aproveitando os melhores solos, a disponibilidade hídrica e a possibilidade logística integrada aos rios para o escoamento da produção.

Os primeiros avanços da cana-de-açúcar no Brasil foram dependentes não apenas dos fatores naturais, sobretudo a sua implantação no Centro-Oeste, mas também da própria mineração, diante da disponibilidade de mão-de-obra que, inicialmente, era mantida por meio da escravização dos indígenas (FURTADO, 2005). Esse mesmo autor observou que a produção canavieira do Século XIX apresenta os mesmos padrões dos três séculos anteriores, quanto ao seu nível de desenvolvimento, incluindo as condições sociais e econômicas baseadas no uso da mão-de-obra e o atraso industrial vivido pelo setor. Pode-se dizer que essa situação perdurou até o século XX.

Os primeiros projetos da agroindústria canavieira no estado de Goiás surgiram no século XX, na década de 1940, quando já havia numerosas pequenas unidades industriais, conhecidas como engenhos, produtores de rapadura e açúcar, bem como de aguardente (ANDRADE, 1999). Entretanto, foi com o processo de modernização da agricultura, iniciada na década de 1970 e o PROÁLCOOL (1975-1979) que a produção canavieira no Estado se intensificou vinculada a expansão da Fronteira Agrícola para o Centro-Oeste.

Este processo do século passado se deu com a abertura de novas áreas para plantio com incentivo do PROÁLCOOL. Quanto à intervenção governamental, é importante destacar a criação de um conjunto de medidas técnico/financeiras que viabilizaram o acesso a financiamentos, à compra de insumos, tratores e outros implementos agrícolas, além de contarem com os baixos preços das terras, e o fomento de grandes planos de estímulo ao avanço da agricultura em Goiás: o POLOCENTRO e o PRODECER, incluída a extensão da rede elétrica ao campo. Neste contexto formaram-se os grandes complexos agroindustriais (CAIs), sobretudo os de grãos, de carne e, posteriormente, o da cana, que se estruturaram de acordo com um moderno sistema produtivo, período esse denominado de modernização da agricultura, atraindo para o Estado um número expressivo de usinas (KAGEYAMA; QUEIROZ, 2012; ESTEVAM, 1997).

Deve-se ressaltar que desde a implementação das primeiras unidades produtivas, Goiás passou por importantes transformações espaciais de uso do solo, que se tornaram importantes dentro do cenário produtivo sucroalcooleiro. Contudo, a produção canavieira no Estado reflete a mesma dinâmica da produção sucroalcooleira brasileira.

Em Goiás, a importância do PROÁLCOOL na década de 1970 e 80 e do recente PNA, desde 2006, políticas públicas da segunda e terceira fases de expansão canavieira no país, respectivamente, já expostas, se pautaram na expansão de áreas de cultivo, mas também na transformação produtiva da indústria canavieira no Estado, ou seja, na sua modernização. Estes dois programas governamentais fortaleceram o Estado e o inseriram nas regiões tradicionalmente produtoras de cana-de-açúcar e, com grande relevância do PNA, por ter incluído o Cerrado da região Centro-Oeste como uma das principais áreas-alvo da expansão produtiva recente do setor. Tratando-se do período relativo à contemporânea expansão a partir de 2006 (PNA), fica evidente que estas mudanças conduziram a um novo crescimento do sistema produtivo, ainda que com novas especificidades.

Desta forma, pode-se afirmar que Goiás possui dois claros ciclos produtivos, o primeiro representado pelo período de 1985 a 1995, correspondente aos efeitos do

PROÁLCOOL, e o período de 2005 a 2010, correspondente à recente expansão sucroalcooleira. Esses ciclos atingiram e ainda atingem de forma diversificada as mesorregiões goianas¹, apresentando mudanças na sua dinâmica produtiva, segundo uma ordem temporal e espacial.

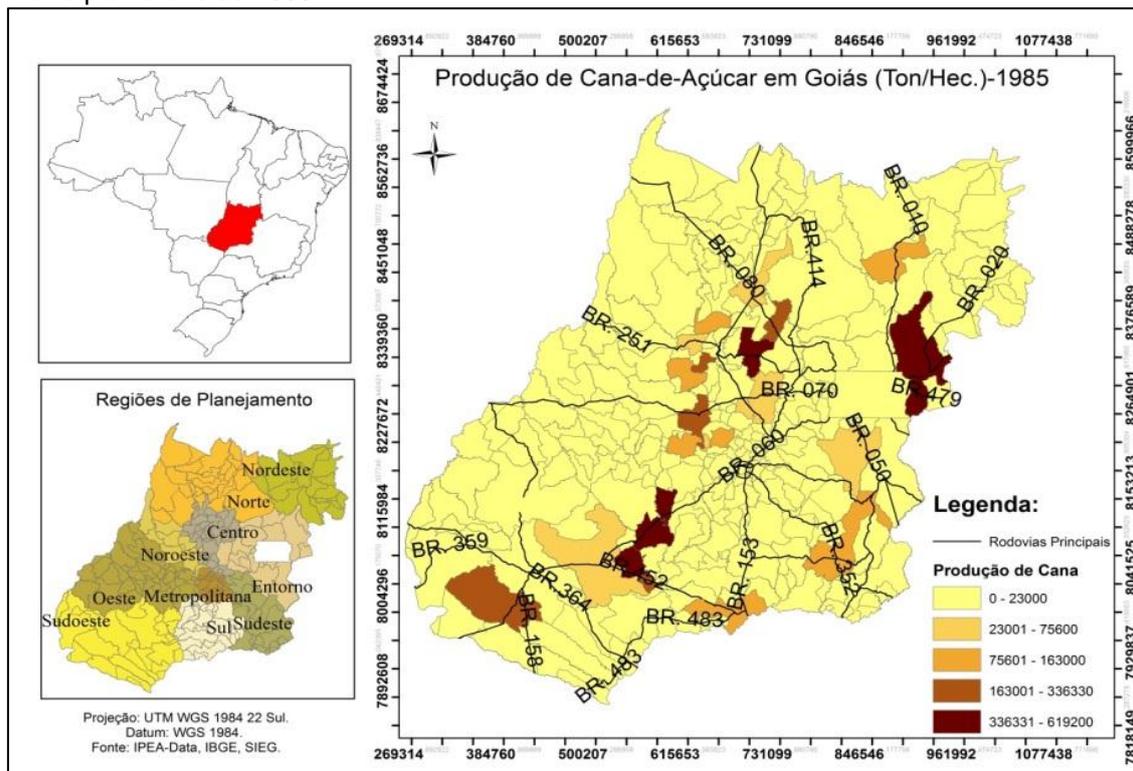
No período mais recente, o PNA fortaleceu a produção canavieira no Estado por meio da atração de novas usinas vindas das regiões produtoras, principalmente as tradicionalmente produtoras, em particular do estado de São Paulo, para Goiás. A partir da sua implantação houve considerável aumento em área plantada de cana-de-açúcar. Este aumento resultou na transformação do estado de Goiás num dos maiores produtores nacionais de cana, ficando atrás apenas de São Paulo, maior produtor, e de Minas Gerais, segundo maior produtor, até 2011. Porém, a partir das safras 2012/2013 e 2013/2014 Goiás tornou-se o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do país, atrás apenas de São Paulo (UNICA, 2014).

A atual distribuição geográfica canavieira no estado de Goiás, considerando as regiões de planejamento delimitadas pela Secretaria de Planejamento (SEPLAN-GO), revela uma interessante preferência de avanço do setor sucroalcooleiro. Apesar de se encontrar presente em todas as regiões de planejamento do Estado, a produção de cana-de-açúcar vem se avançando e se concentrando na sua região Sudoeste. Segundo os dados do IBGE e do MAPA, a fabricação, tanto de etanol como de açúcar, está cada vez mais restrita às áreas onde se instalam também os complexos agroindustriais canavieiros, fazendo com que haja uma maior concentração produtiva em determinadas regiões do Estado. A preferência pela sua instalação, no entanto, está condicionada a fatores naturais, sobretudo solos e relevo, e econômicos, sobretudo infraestrutura e logística.

A representação espacial da cana-de-açúcar em cartogramas dos municípios evidencia esse processo quanto ao caminho percorrido pela agroindústria canavieira no Estado. A figura 10 mostra a produção de cana-de-açúcar em toneladas/hectare para Goiás no ano de 1985.

¹ Segundo a Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás as regiões de planejamento são: Centro Goiano, Entorno do Distrito Federal, Região Metropolitana, Nordeste de Goiás, Norte de Goiás, Noroeste Goiano, Oeste de Goiás, Sudoeste Goiano, Sudeste Goiano e Sul de Goiás.

Figura 10 - Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 1985



Fonte: IPEA-Data/IBGE; SIEG.

Na figura 10 é possível constatar que a maior área de produção se concentra no Sudoeste Goiano, no Centro Goiano, no Oeste Goiano e no Entorno do Distrito Federal (Tabela 3). Nestas regiões, os municípios que apresentam maior produção são: Acreúna e Santa Helena de Goiás, no Sudoeste; Goianésia, no Centro Goiano; Jandaia, no Oeste Goiano; e Formosa, na região do Entorno do Distrito Federal (IPEA-Data). É também interessante observar na mesma figura que, neste período, as maiores concentrações encontram-se próximas aos grandes centros-urbanos (Região Metropolitana e no Entorno do Distrito Federal), ou seja, dos mercados consumidores. Por outro lado, a concentração também ocupa, sobretudo, áreas próximas aos sistemas logísticos de escoamento no caso as rodovias BR 452, BR 153, BR 020 e BR 080.

No segundo período analisado, 1995-2010, é possível constatar mudanças na distribuição e na concentração da cana-de-açúcar no estado (Figura 11). No ano de 1995 é possível observar que a cana manteve sua distribuição espacial anterior, porém com ganhos para os municípios situados ao Sul do Estado. É possível verificar um expressivo aumento de produção nos municípios nessa porção e perdas no entorno do Distrito Federal. Neste período é importante ressaltar que a maior produção

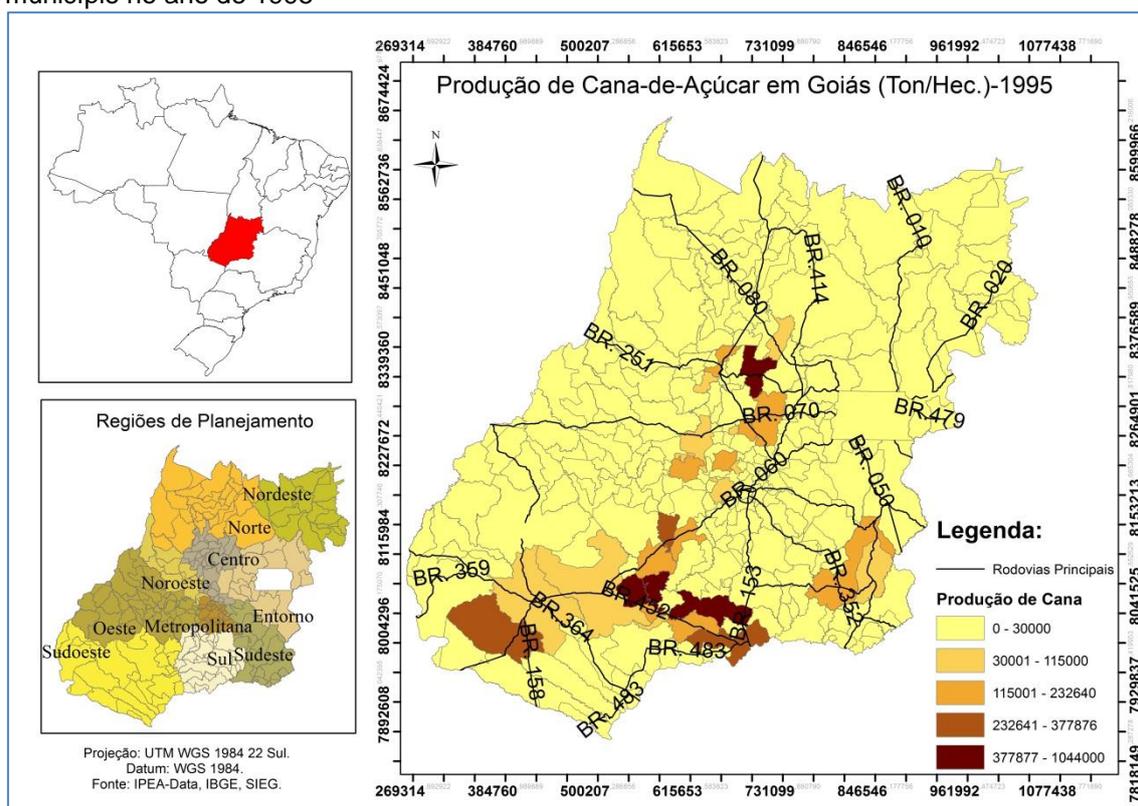
localiza-se nas regiões Sudoeste, Centro Goiano e Sul Goiano que juntas cobrem mais de 76% e apenas as do Sul somam mais de 54% da área total (Tabela 4).

Tabela 3-Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-1985

Região de Planejamento	1985 (ton/hec.)	%
Centro Goiano	1.331.226,00	21,99
Entorno do Distrito Federal Metropolitana	681.200,00	11,25
Nordeste de Goiás	248.325,00	4,10
Noroeste Goiano	218.865,00	3,61
Norte Goiano	488.320,00	8,06
Oeste Goiano	77.722,00	1,28
Sudeste Goiano	789.495,00	13,04
Sudoeste Goiano	185.965,00	3,07
Sul Goiano	1.881.115,00	31,07
Total	6.055.033,00	100,00

Fonte: IPEA-Data/IBGE.

Figura 11 - Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 1995



Fonte: IPEA-Data/IBGE; SIEG.

Os municípios com maior produção de cana por hectare em 1995 foram Acreúna e Santa Helena de Goiás no Sudoeste do Estado; Goianésia no Centro Goiano e Itumbiara e Goiatuba na região Sul (IPEA-Data 1995).

Tabela 4- Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-1995

Região de Planejamento	1995 (ton/hect.)	%
Centro Goiano	1.714.210,00	22,29
Entorno do Distrito Federal	235.545,00	3,06
Metropolitana	453.070,00	5,89
Nordeste de Goiás	43.365,00	0,56
Noroeste Goiano	107.575,00	1,40
Norte Goiano	31.250,00	0,41
Oeste Goiano	568.884,00	7,40
Sudeste Goiano	343.150,00	4,46
Sudoeste Goiano	2.693.792,00	35,03
Sul Goiano	1.499.286,00	19,50
Total	7.690.127,00	100,00

Fonte: IPEA-Data/IBGE.

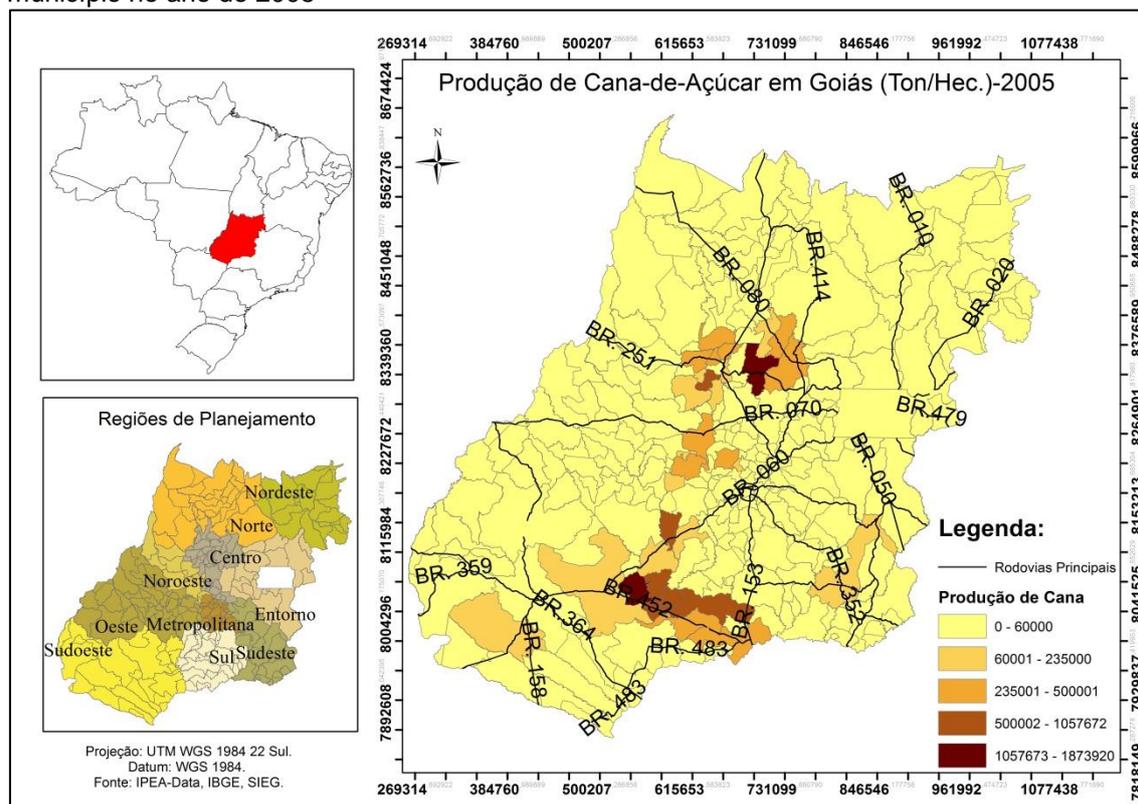
Com base nessa dinâmica, é possível verificar relações entre a concentração produtiva e o mercado consumidor próximo, apresentando a capital Goiânia e a Região Sudeste como elementos influenciadores desse processo, além da oferta logística para o sistema de escoamento.

Em 2005 a dinâmica da cana é novamente alterada (Figura 12, Tabela 5). Nesse ano a região Centro Goiano se destaca, seguida pelo Sudoeste e pelo Sul Goiano, conforme a tabela 5. Além das concentrações salientadas nos anos anteriores (Goianésia no Centro Goiano, Santa Helena de Goiás no Sudoeste e Itumbiara no Sul) observa-se grande expansão para os municípios lindeiros dessas áreas produtivas, fortalecendo os CAIs da cana e dando-lhes maior influência regional. É possível verificar uma nítida relação simétrica da produção da cana em um eixo Norte/Sul no Estado, fato relacionado claramente com as rodovias BR 153 e BR 462, visando escoamento da produção, também notada para os anos de 1985 e 1995, reproduzindo uma configuração logística em comum que é a proximidade das principais rodovias da região.

Nesse sentido, Camellini e Castilho (2012) analisaram a expansão canavieira através de critérios de seletividade espacial. Eles selecionam três fatores principais explicativos da distribuição das áreas de cana, sendo eles: físicos, econômicos e infraestruturais/políticos. Quanto aos aspectos físicos, os autores selecionam a disponibilidade de terras agricultáveis, adequação dos solos às necessidades das plantas, existência de condições clinográficas adequadas, clima e disponibilidade hídrica. Quanto aos aspectos econômicos, eles salientam o preço da terra, estrutura

para o fornecimento de insumos e serviços e disponibilidade de mão-de-obra. Por fim, quanto aos fatores de infraestrutura e política, eles selecionaram a existência de boas condições logísticas, disponibilidade de variedades adaptadas, poucas restrições quanto à política ambiental, restrições da área de plantio e incentivos fiscais

Figura 12 - Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 2005



Fonte: IPEA-Data/IBGE; SIEG.

Tabela 5- Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-2005

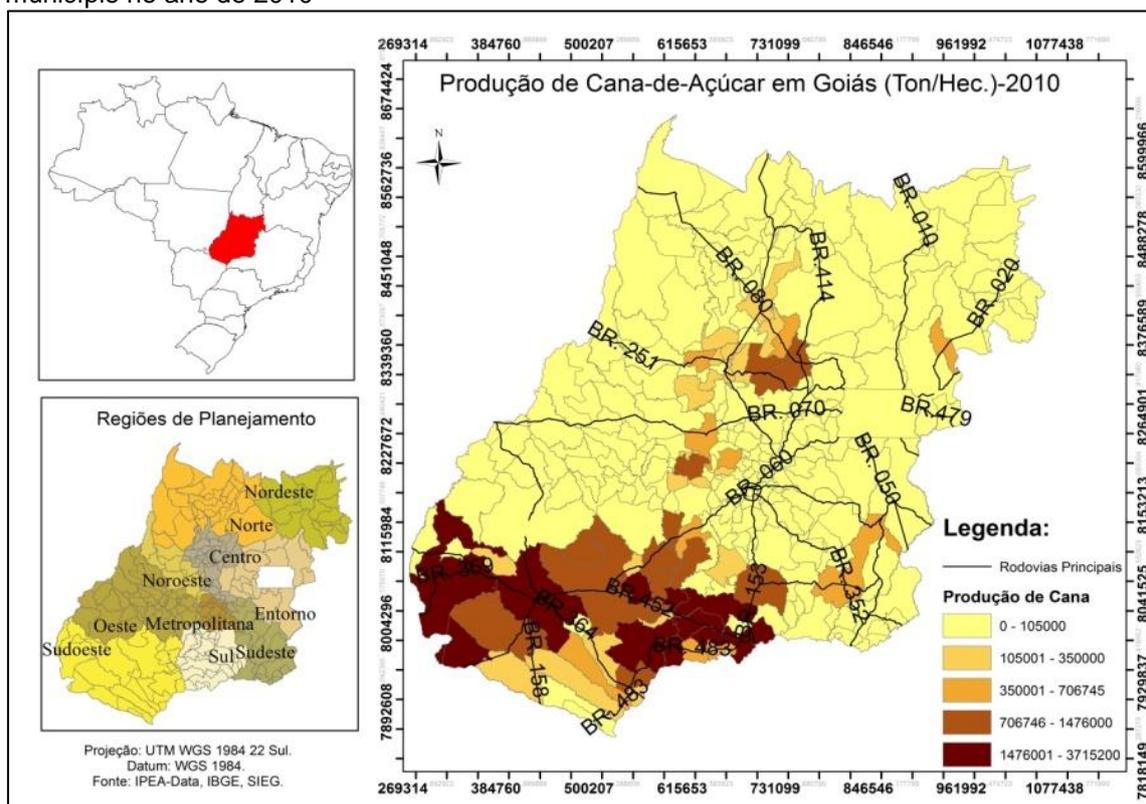
Região de Planejamento	2005 (ton/hec.)	%
Centro Goiano	5018470	32,73
Entorno do Distrito Federal	47330	0,31
Metropolitana	580099	3,78
Nordeste de Goiás	51444	0,34
Noroeste Goiano	594639	3,88
Norte Goiano	14118	0,09
Oeste Goiano	1521167	9,92
Sudeste Goiano	180905	1,18
Sudoeste Goiano	4668093	30,45
Sul Goiano	2655210	17,32
Total	153.314,75	100

Fonte: IPEA-Data/IBGE.

Segundo ainda a figura 12 anterior, as regiões de maior produção de cana, em 2005, concentram-se ao longo da BR 153 e respectiva rede viária secundária, que se traduz como as principais rodovias escoadoras da produção do Estado. Outro importante fator para distribuição da produção sucroalcooleira do Estado são os fatores físicos da paisagem. O processo de expansão canavieira ocorreu inicialmente no sentido das terras que reúnem melhores condições produtivas dentro da aptidão agrícola das terras.

Em síntese, características do meio físico e infraestrutura/logística respondem pela distribuição geográfica preferencial da cana, desde o PROÁLCOOL até 2010. Mas, neste ano são notadas importantes alterações nesse padrão espacial de avanço da cana (Figura 13). É importante salientar que nesse ano já se encontrava iniciada uma nova expansão canavieira, estimulada pelo PNA/2006-2011.

Figura 13 - Mapa de produção da cana-de-açúcar, em toneladas por hectares, em Goiás por município no ano de 2010



Fonte: IPEA-Data/IBGE; SIEG.

No ano de 2010 nota-se um expressivo aumento da produção da cana na região Sudoeste, Sul e Centro do Estado (Tabela 6). Nota-se que a maior concentração já se situa na sua região Sudoeste, o que se justifica por vários motivos, destacando-se as relações com o mercado consumidor, o sistema logístico e a oferta das melhores terras, de melhor aptidão para produção agrícola. O aumento da

produção na porção Sul e Sudoeste do Estado encontra-se sob influência da importância logística para o escoamento da produção rumo à maior região consumidora do país, a Sudeste.

Tabela 6- Produção de Cana-de-Açúcar nas Regiões de Planejamento de Goiás-2010.

Região de Planejamento	2010 (ton/hect.)	%
Centro Goiano	5644622	11,55
Entorno do Distrito Federal	529075	1,08
Metropolitana	932333	1,91
Nordeste de Goiás	44949	0,09
Noroeste Goiano	1182840	2,42
Norte Goiano	192997	0,39
Oeste Goiano	2705853	5,53
Sudeste Goiano	583810	1,19
Sudoeste Goiano	25668463	52,50
Sul Goiano	11407173	23,33
Total	488.921,15	100

Fonte: IPEA-Data/IBGE.

Este escoamento pode ocorrer devido quatro sistemas logísticos: rodoviário, hidroviário, ferroviário e as adutoras exclusivas para o transporte do etanol (alcoolduto). Este tema será mais bem tratado mais adiante, mas convém ressaltar aqui que os dois primeiros se encontram já em funcionamento enquanto os dois últimos ainda estão na fase de implantação e de projetos. Além dos fatores de escoamento da produção, encontram-se, nessa região, os melhores solos do estado. Isto caracteriza que a maior concentração produtiva canavieira submete-se às terras mais férteis.

Acompanhando essa evolução sucroalcooleira no Estado, há também o aumento de usinas processadoras. Segundo Castro et al. (2007) todo o Estado deveria concentrar um total de 100 usinas até 2012, mas assinalavam que desse total, 25 já se encontravam em fase de operação, 23 em fase de implantação, 16 em fase de análise, 21 em cadastro e 15 em situação não definida. Porém, essa previsão não se confirmou e segundo o MAPA (2013) atualmente, há 36 usinas em produção no Estado. As razões podem ser várias, mas dentre elas certamente a discussão internacional e a disputa com produtores como EUA ganharam importância, além da descoberta do Pré-Sal que reforça a produção de combustíveis à base de petróleo.

Nesse sentido, outra explicação para isso reside na crise econômica de 2008 que afetou fortemente o setor (CONAB, 2010). Porém, uma das previsões se confirmou, a de que desse total de usinas em operação, segundo o MAPA, o Sudoeste Goiano já se destaca com 14 unidades produtivas, configurando-se como a maior

região produtora do Estado (Quadro 1), lembrando que é a região com os melhores solos e relevo dos Estado, a melhor infraestrutura e logística (PIETRAFESA; SAUER, 2012), e por isso mesmo anteriormente dominada pelas agroindústrias de grãos e carne. Acrescente-se que após o PNA, é a região que sediará o etanolduto no Estado.

Quadro 1-Relação das usinas e seus municípios sedes no Sudoeste Goiano.

Razão Social	Município
Usina Santa Helena De Açúcar E Álcool S/A	Santa Helena de Goiás
Vale Do Verdão S/A Açúcar E Álcool	Tuverlândia
Destilaria Catanduva Ltda	Rio Verde
Energética Serranópolis Ltda	Serranópolis
S.J.C Bioenergia S/A	Quirinópolis
Energética São Simão S/A	São Simão
Usina Serra Do Caiapó S/A	Montividiu
Usina Boa Vista S/A	Quirinópolis
Rio Claro Agroindustrial S.A	Caçú
Cerradinho Bioenergia S.A	Chapadão do Céu
Floresta S.A. Açúcar E Álcool	Santo Antônio da Barra
Brenco Companhia Brasileira De Energia	Mineiros
Cosan Centroeste S.A. Açúcar E Álcool	Jataí
Brenco - Companhia Brasileira De Energia	Perolândia

Fonte: MAPA/SIFAEG.

Segundo Elizabeth Farina, presidente da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), a política econômica voltada para a produção do etanol brasileiro desencadeou, nos últimos anos, uma profunda crise setorial. Em reportagem publicada no jornal Folha de São Paulo (14/04/2014) ela demonstrou que o setor vem, desde 2003, mergulhando em crise. Os reflexos deste fato foram as reduções no número de usinas e o aumento do endividamento do setor sucroalcooleiro brasileiro. Para a presidente, houve vários fatores concorrendo para o surgimento dessa realidade, porém, a dualidade entre vultosos investimentos e a crise econômica internacional, que afetou diretamente os Estados Unidos e a Europa em 2008, abalou consideravelmente o mercado dos biocombustíveis brasileiros.

Além da crise econômica internacional, em reportagem apresentada pela BBC Brasil (03/05/2013), retratou uma crescente crise sucroenergética no Brasil, principalmente no período correspondente entre 2008 e 2012. Na análise realizada por este canal de notícias, também foi relatada até mesmo a desativação de usinas brasileiras. Segundo a reportagem, o etanol deixou um lugar de destaque na economia brasileira para mergulhar numa profunda crise. Também salientou outros fatores que contribuíram para essa situação em que o setor sucroalcooleiro nacional se encontra, os quais vão além da crise econômica mundial. Segundo a reportagem, fatores como

a falta de planejamento em longo prazo, o peso da gasolina na economia, a produtividade e as questões climáticas estão diretamente envolvidas com a condição econômica das usinas nacionais.

A falta de planejamento em longo prazo consiste na dualidade do preço do etanol e da cana-de-açúcar no mercado internacional. Esse fato pode ser observado por meio da alteração produtiva entre o açúcar e o etanol para atender a demanda que varia de acordo com a atratividade dos preços de cada um desses produtos. A questão mercadológica, envolvida com a produção sucroalcooleira, propiciou problemas relacionados com o desabastecimento do setor promovendo o aumento dos preços para o consumidor. Isso fez com que o etanol tornasse um biocombustível menos atrativo nos postos, aproximando o consumidor final da gasolina.

O peso da gasolina na economia também influenciou nessa escolha, pois a eficiência do etanol é menor se comparada aos combustíveis fósseis. Segundo o Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo de São Paulo, citado pela BBC Brasil (2013), hoje só abastece com etanol quem é muito preocupado com o meio ambiente. Essa ineficiência do etanol em relação à gasolina fica evidente devido à viabilidade dos biocombustíveis ocorrerem quando o seu preço está 70% o da gasolina. Assim, a gasolina congela indiretamente os valores do etanol, pois o seu elevado valor pode interferir nos indicadores de inflação. Isso promove maior controle governamental do seu preço, porém força os valores do litro do álcool sempre a um limite que é o da gasolina.

A questão da produtividade está relacionada com a crise internacional de 2008. Os seus efeitos no setor sucroalcooleiro surgiram no contexto da retenção de investimentos internacionais direcionados ao setor. Estes foram reduzidos de tal forma que houve a escassez de financiamentos destinados à abertura de novas destilarias, além da falta de pagamento de salários, de crédito para a produção agrícola e para os investimentos ambientais.

As questões climáticas estão envolvidas com as variações naturais do clima, onde períodos secos seguidos de chuvas (ano de 2012), acompanhadas até de geadas em algumas regiões do Brasil, atingiu as plantações de cana-de-açúcar. Estas variações climáticas prejudicaram as safras trazendo o contraste da falta e do excesso de água dos quais afetaram a produtividade das safras de cana. Conforme salientado, a influência do clima afetou a produção do etanol, aumentando o seu preço diante das intempéries ambientais que contribuíram ainda mais para o agravamento da crise do setor.

Mesmo assim, a análise da crise econômica do setor sucroalcooleiro mostra que ela é um reflexo da crise econômica internacional surgida em 2008 que afetou

grande parte dos países, inclusive o Brasil. Segundo as referências trabalhadas, os seus reflexos ficaram bem visíveis na produção de álcool e açúcar. Esta crise trouxe consequências que foram ampliadas por meio de fatores econômicos relacionados com a concorrência com a gasolina, produção de açúcar, financiamentos e questões naturais/climáticas.

Moraes e Bacchi (2014) descreveram o cenário recente da cana-de-açúcar no Brasil com foco na crise que o setor vem passando nos últimos anos. Esses autores também trabalham com o ano inicial da crise em 2008, enquadrando os aspectos relacionados à produção da cana em fases. Para eles, estes problemas surgiram a partir de três grupos: o financeiro, o agrônômico e as questões de mercado. Além da caracterização da crise econômica vivida pelo setor sucroalcooleiro, eles também mostram o delicado momento em que ela surgiu, relacionada com grande representação de carros flex no Brasil.

O setor financeiro dos investimentos na cana-de-açúcar brasileira ocorreu como reflexo do aumento das taxas de juros do mercado imobiliário dos EUA incentivando grande inadimplência no setor imobiliário norte americano. A crise imobiliária dos EUA reduziu drasticamente os investimentos no setor sucroenergético devido ao fato dele se tornar investimento um de riscos. Os grupos envolvidos com a produção de álcool e de açúcar no Brasil também contraíram várias dívidas até 2008/2009, e previram um cenário negativo quanto à quitação dos débitos. Estas dívidas se originaram em meio a investimentos em mecanização, recuperação de canaviais, quebra de safra e na falta de competitividade do setor (MORAES; BACCHI, 2014).

A questão principal relacionada com os efeitos da crise econômica internacional no setor sucroalcooleiro foi o seu crescente endividamento. Para garantir uma expansão e aproveitamento das projeções futuras do etanol, com incentivo governamental, os grupos produtores mergulharam em dívidas para ampliar a produção. Isso desenvolveu um cenário de incertezas quanto ao álcool brasileiro, cessando a entrada de capital estrangeiro diante da falta de credibilidade do setor no cenário econômico internacional.

Os fatores agrônômicos relacionados com a crise do setor da cana-de-açúcar levantaram dois problemas fundamentais, sendo um de ordem ambiental e outro de caráter produtivo. A produção de matéria-prima para a produção de etanol, nas safras 2010/2011 e 2011/2012, passaram por sérios problemas de ordem climática, caracterizada pelo excesso de chuvas em algumas regiões do país e pela falta em outras. Além dos efeitos climáticos vivenciados, a produção também foi afetada pela falta de investimentos financeiros. Com o recuo da capitalização produtiva, a falta de

investimentos na área agrícola prejudicou a renovação dos canaviais, afetando a colheita, desenvolvendo uma significativa perda na produção de cana/hectare (MORAES; BACCHI, 2014).

Os efeitos agronômicos da produção da cana-de-açúcar foram ainda além do capital financeiro e das condições de precipitação. A modernização do setor, por meio de uma colheita altamente mecanizada, trouxe outros problemas para o setor dos quais também contribuíram para a diminuição da produtividade. Segundo Moraes e Bacchi (2014) a compactação do solo, a menor densidade de planta por hectare e a maior altura do corte dos colmos da cana, para atender as exigências da colheita mecânica, contribuíram para a perda da produtividade.

Por fim, as questões relacionadas ao mercado, dentre os quais se destacam os impactos da crise econômica internacional, os maiores efeitos afetaram a produção de etanol hidratado, mas não do açúcar. Nesse aspecto são retomados os problemas de abastecimento do setor, onde a crise financeira, que afeta a produção de biocombustíveis, não atinge a produção de açúcar, incentivando a migração produtiva do etanol para o açúcar. A alteração da base produtiva dos derivados da cana-de-açúcar fica evidente diante da sua competição com a gasolina. Em comparação entre o etanol e os combustíveis fósseis, há uma diferença entre autonomia e eficiência entre estes dois combustíveis, onde o álcool é viável quando o seu preço está abaixo dos 70% do preço da gasolina, como os próprios postos de abastecimento sugerem. Esse processo desencadeia um efeito de autorregulamentação dos preços, pois o etanol, para ser competitivo, deve manter o seu preço congelado em relação ao da gasolina, que é protegida por políticas públicas de combate à inflação. Essa competição incentiva à migração da indústria canvieira para a área de produção de alimentos, no caso o açúcar, objetivando a busca de maiores rentabilidades para o setor (MORAES; BACCHI, 2014).

A migração da produção de etanol dentro do mercado internacional para o açúcar torna-se muito preocupante para o Brasil. O PORÁLCOOL, em sua terceira fase, também foi marcado por uma crise de desabastecimento diante da queda do preço do petróleo. Isso ocasionou baixos ganhos do setor, onde os usineiros deixaram de fabricar álcool para produzir açúcar, levando o PROÁLCOOL a uma crise de credibilidade. Com a crise econômica mundial esta prática pode ser retomada em relação à obtenção de maiores lucros, colocando em risco o fornecimento e o abastecimento no mercado consumidor.

Ao se compilar os dados do IPEA-Data e também de dados elaborados a partir da interpretação de imagens de satélites provenientes do Sudoeste de Goiás de 1985 a 2013, fica comprovado um constante aumento da área plantada com cana-de-

açúcar, além do crescimento do número de usinas sucroalcooleiras. A relação da crise que abrange o setor e a crescente produção deve, então, ser interpretada com espírito crítico, pois não é observado nenhum recuo produtivo de grande magnitude. Isto sugere que os efeitos da crise internacional, como divulgada pelo setor, provavelmente pouco atingiu o Sudoeste Goiano, visto que a cana-de-açúcar não para de expandir, inclusive no próprio ano de 2008. Por outro lado, é observado que o setor acumulou dívidas, mas estas foram estruturadas a partir da falta de competitividade junto aos combustíveis fósseis. Para Kohlhepp (2010) a crise financeira não causou grandes impactos ao Brasil, como na Europa e no EUA, mas isso fez com que diminuíssem as exportações do etanol da cana que não tem condições de brigar diretamente com a gasolina, tanto no mercado interno como no externo.

O estado de Goiás, através do Sudoeste Goiano, mantém-se, assim, como uma das mais importantes regiões produtoras de etanol, favorecida pelas boas condições edafoclimáticas de produção, de escoamento e de mercado. Porém, convém lembrar que a cana-de-açúcar se encontra na ponta final de um complexo processo de expansão da agricultura. Ela se insere no processo de avanço da fronteira agrícola, no contexto da modernização da agricultura, ocupando áreas de maior valor agregado que demandam grandes investimentos em tecnologia (KAGEYAMA, et. al., 1996). Convém não esquecer também que era uma área de intensa produção agrícola, em especial soja e milho, além de pastagem extensiva como indicado no ZAE- Cana Goiás (MANZATO et. al., 2009) e como demonstraram estudos feitos por Abdala, Castro, (2010); Ferraz, (2010); Silva, Miziara (2010), Castro et al. 2010; Barbalho, Silva; Castro, 2010, dentre outros.

Os múltiplos complexos da cadeia produtiva são produtos da expansão de práticas já consolidadas na região. Dentre estas práticas evidencia-se a produção de grãos, pastagens e a presença de remanescentes de vegetação natural. A cana-de-açúcar adentra nestes ambientes, substituindo-os, atuando como um agente transformador promovendo impactos ambientais alusivos às mudanças de usos do solo no Sudoeste Goiano.

Conclusões

1. O aumento recente da demanda mundial por fontes de energias renováveis contribui para o aumento da produção de etanol brasileiro, com base na cana-de-açúcar. Além da demanda externa, presencia-se um crescente mercado interno

nacional impulsionado pela comercialização de carros bicombustíveis, os “*flex fuel*”, movidos à gasolina e/ou a álcool, produzidos em uma escala crescente desde 2005;

2. A produção de cana-de-açúcar na região Centro-Oeste vem se destacando a cada dia, a qual vem ganhando destaque nacional e internacional por ter se transformado em uma das maiores produtoras de cana do país. Considerada como uma região não tradicional na produção canavieira, o Centro-Oeste vem mudando esta concepção e ganhando mais importância no cenário de produção de cana-de-açúcar no Brasil;

3. Dentre os estados da Região Centro-Oeste, Goiás vem se destacando por ser o maior concentrador de usinas e área plantada em relação aos demais estados. Isto se dá em função das condições naturais para a produção, da infraestrutura e da proximidade dos mercados consumidores localizados na Região Sudeste;

4. Apesar dos primeiros projetos de produção canavieira em Goiás terem surgido na década de 1940, a produção goiana ganha maior notoriedade no início da década de 1970, com o Programa Nacional do Álcool, embora não como outros Estados, em particular São Paulo. Além disto, a recente expansão canavieira em Goiás, iniciada a partir de 2004, transformou a produção goiana em uma das maiores do país;

5. A produção canavieira goiana sofreu grande influência de ações de Políticas Públicas, principalmente as relacionadas à modernização da agricultura (POLOCENTRO, PRODECER, PROÁLCOOL) de 1975 a 79 com desdobramentos até meados da década de 80; e o recente PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA (2006), sobretudo através do ZAECana (1999);

6. Em termos de produção canavieira, a Região de Planejamento do Sudoeste de Goiás vem se destacando em relação às demais regiões do Estado chegando a ser responsável por cerca da metade da produção de Goiás, o que atrai novos empreendimentos sucroalcooleiros;

7. O Cerrado goiano é um dos grandes sistemas naturais que abrigam modelos produtivos agropecuários, sobretudo a agricultura comercial de exportação. A expansão canavieira é representativa desse modelo, e surge como um dos agentes transformadores atuais do Cerrado, diante do aumento da pressão ambiental exercida pelos complexos agroindustriais esgotamento de oferta de boas terras em outras regiões do País;

8. A crise internacional do setor sucroenergético, no que se refere ao etanol, não ao açúcar, não parece ter afetado a expansão sucroalcooleira na região do Sudoeste Goiano, que continua rápida e intensa, com grande número de usinas e área plantada,

Referências

ABDALA, K. ; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso do solo da expansão sucroalcooleira na Microrregião Meia Ponte, estado de Goiás, Brasil.. In: VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. Actas do VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. v. 1. p. 1-32.

ALVES, F; SZMRECSÁNYI, T. Produção e suas Alternativas. In: ALVES, F et al., (Org.). **Certificação Sócioambiental para a Agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro**. Piracicaba: Imaflora; São Carlos: EdUFSCAR, 2008, Cap. 3, p. 90-121.

ARAÚJO, F.A.A.N; FERNANDES, M.H.C. A chegada da cana-de-açúcar ao cerrado: breve histórico da ocupação inicial do Centro-Oeste do Brasil. **Universitas Humanas**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 1-7, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/universitashumanas/article/view/1435>> Acesso em: 10 de Abr. de 2015.

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores-ANFAVEA. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em 10 de out. de 2014.
ANDRADE, M.C. **Modernização e Pobreza: expansão da agricultura canavieira e seu impacto ecológico e social**. 1 ed. São Paulo, Unesp, 1995. 237 p.

AZEVEDO, J. R. N.; THOMAZ JR, A; OLIVEIRA, A. M. S. A (re) organização do capital agroindustrial canavieiro: o caso do Oeste Paulista. *Geografia em Atos (Online)*, v. 1, p. 23-30, 2008.

BARBALHO, M.G.S; SILVA, A.A; CASTRO, S.S. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 29, p. 98-110, set. 2013. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/images/online/Materia_8_artigos365.pdf>. Acesso em: 28 Mar. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf >. Acesso em: 20 ag. 2012.

CASTRO, S. S. et al. Estudo da expansão da cana de açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In: **II Fórum de C & T no Cerrado, 2007**, Goiânia. Impactos econômicos, sociais e ambientais no cultivo da cana de açúcar no território goiano. Goiânia: SBPC, 2007. v. único. p. 09-17.

CASTRO, S. S. et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no Estado de Goiás: Elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, p. 171-191, 2010.

Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. **Os Fundamentos da Crise do Setor Sucroalcooleiro**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/Fundamentos%20da%20crise%20-abr%2009%20-

2%C2%AA%20edi%C3%A7%C3%A3o%20-%20PDF.pdf> Acesso em 04 de dez. 2014.

Econômica de Goiás. 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas. 1997.

ESTEAM, L.A. **O Tempo da Transformação Estrutura e Dinâmica na Formação Expansão Da Fronteira Agrícola Em Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical.** Goiânia, v. 41, n. 3, p. 399-407, jul./set. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/11054/9648>>. Acesso em: 22 de Dezembro de 2014.

FERRAZ, R. P. D. **Sistema de indicadores para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica e monitoramento da cultura da cana-de-açúcar:** contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canavieira. 2012, 323 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente)-Doutorado Multidisciplinar, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil.** Companhia Editora Nacional. 32º ed. São Paulo, 2005, 330 p.

GOES, T; MARRA, R; SILVA, G.S. Setor Sucroalcooleiro no Brasil: situação e perspectivas. **Revista de Política Agrícola.** Brasília, n. 2, p. 39-51, abr/mai/jun. 2008. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/publicacoes/revista-de-politica-agricola>>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

GONÇALVES, D.B; FERRAZ, J.M.G; SZMRECSÁNYI, T. Agroindústria e Meio Ambiente. In: ALVES, F et al., (Org.). **Certificação Sócioambiental para a Agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro.** Piracicaba: Imaflora; São Carlos: EdUFSCAR, 2008, Cap. 6, p. 230-293.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 18 de set. 2014.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. **Projeto CANASAT - Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da terra.** Bernardo Friedrich Theodor Rudorff (Coordenador). Disponível em: <www.dsr.inpe.br/laf/canasat/mapa.html>. Acesso em: 19 de mar. 2013.

JANCK, M.S; RODRIGUES, L. Dinâmica e Agenda do Setor Sucroalcooleiro para a Próxima Década. **Revista de Política Agrícola.** Brasília, n. 4, p. 86-96, out/nov/dez. 2007. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/publicacoes/revista-de-politica-agricola>>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal.** Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 67 p.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados,** São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010. Disponível em <<http://www.iea.usp.br/revista>> Acesso em 20 de Abr. de 2015.

LIMA, D.A.L.L. **Estrutura e Expansão da Agroindústria Canavieira no 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 de Campinas, Campinas, 2010.

MACEDO, I; LEAL, M.R.L.V. Sustentabilidade na Produção de Biomassa para Fins Energéticos: o caso do etanol. . In: CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S; GÓMEZ, E.O (Org.). **Biomassa para Energia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008, Cap 19. p. 634-644

MANZATTO, et. al. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar: expandir a produção, preservar a vida e garantir o futuro**. EMBRAPA Solos. 1.ed. Rio de Janeiro, 2009, 55 p.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA . Disponível em < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_23-08-2013.pdf>. Acesso em: 24 de ago. 2014.

MIZIARA, F; FERREIRA, N. C. Expansão da Fronteira Agrícola e Evolução da Ocupação e Uso do Espaço no Estado de Goiás: Subsídios à Política Ambiental. In: FERREIRA, L. G. (Org.). **A encruzilhada socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Canone/CEGRAF-UFG, 2008, v. 1, p. 67-75.

MORAES, M.L; BACCHI, M.R.P. Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, Ano XXIII – N° 4 – Out./Nov./Dez. 2014. Disponível em www.agricultura.gov.br Acesso em 13 de Abr. de 2015.

NETTO, J.N. **A Saga do Álcool: fatos e verdades sobre os 100 anos de história do álcool combustível em nosso país**. 1° ed. Osasco: Novo Século, 2007, 343 p. Inclui Índice. ISBN 978-85-7679-114-0.

ORTEGA, E; WATANABE, M; CAVALETT, O. Produção de Etanol em Micro e Minidestilarias. In: CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S; GÓMEZ, E.O (Org.). **Biomassa para Energia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008, Cap. 14, p. 475-490.

PIETRAFESA, J.P, CASTRO, S.S, TRINDADE, S.P. A Crescente Produção Sucroalcooleira em Áreas de Cerrado e o Estado de Goiás: contribuições ao estudo sobre indicadores de sustentabilidade. In: FRANCO, J.L.A. et. al. (Orgs). **História Ambiental: fronteiras, recursos naturais e conservação da natureza**. 1 ed. Rio de Janeiro, Garamond, 2012, p.311-332.

PIETRAFESA, J.P; SAUER, S. A nova dinâmica na velha fronteira: 'terceira marcha' da ocupação na Cerrado, Revista FUNADESP, v.5, n° 5 , p. 139-160, Jun. 2012. Disponível em: < <http://www.funadesp.org.br/publicacoes>>. Acesso em: 18 de set. 2014.

Política de Dilma está quebrando o etanol, diz presidente de entidade. Folha, São Paulo, 14 de Abr. 2014. Disponível em < <http://www1.folha.uol.com.br/poder/2014/04/1440253-politica-de-dilma-esta-quebrando-o-etanol-diz-presidente-de-entidade.shtml>>.

POPPE, M.K; PERICO, A.C.S. **Bioetanol Combustível: uma oportunidade para o Brasil**. 1 ed. Brasília: Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. 536 p. Inclui Índice. ISBN 978-85-60755-15-8.

Quatro fatores para entender a crise do etanol. BBC Brasil, Rio de Janeiro, 03 de Mai. 2013. Disponível em <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/05/130424_etanol_mdb> Acesso em 20 de Abr. de 2015.

RAMOS, P. Mercado Mundial de Açúcar no Período 1930-1960. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, n. 4, p. 26-33, out/nov/dez. 2001. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/publicacoes/revista-de-politica-agricola>>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

SCARAMUCCI, J.A; CUNHA, M.P. Aspectos Socioeconômicos do Uso Energético da Biomassa de Cana-de-Açúcar. In: CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S; GÓMEZ, E.O (Org.). **Biomassa para Energia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008, Cap 22. p. 699-729.

SILVA, A.A ; MIZIARA, F. Avanço Do Setor Sucroalcooleiro E Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás-SIFAEG. Disponível em: <http://www.sifaeg.com.br/>. Acesso em: 28 de mai. de 2012.

SZMRECSÁNYI, T; MOREIRA, E.P. O Desenvolvimento da Agroindústria Canavieira no Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, v.5, n.11, p. 57-79, 1991. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v5n11/v5n11a06.pdf>>. Acesso em: 23 de Dezembro de 2014.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar-UNICADATA. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em 07 de nov. 2014.

World Wide Fund for Nature-WWF. **Análise da Expansão do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Brasil**. Brasil, 2008. 42 p.

2 Pressupostos teóricos e metodológicos gerais da pesquisa

Introdução

Para a compreensão dos temas abordados nesta tese considerou-se importante um embasamento teórico que permitisse a definição dos conceitos aqui adotados e a respectiva discussão sobre os principais aspectos e ideias relativas à expansão recente da cana-de-açúcar. Priorizaram-se os seguintes temas: a) A Modernização da Agricultura e a Fronteira Agrícola; b) Fronteira Agrícola no Cerrado, Mudanças de Uso dos Solos e Geotecnologias para os respectivos Mapeamentos; c) Avaliação da aptidão agrícola das terras e de Conflitos de Uso; d) Impactos Diretos e Indiretos da expansão canavieira e. Indicadores Ambientais Aplicados à Cana-de-Açúcar.

Troppmair e Galina (2006) ressaltam que nas paisagens naturais ocorre à interferência dos elementos biológicos, por meio de ciclos, nos quais também está inclusa a atividade humana. Contudo, a amplitude de uma análise dos elementos naturais da paisagem e seus efeitos sociais e econômicos se aproxima, em grande parte, de uma abordagem interdisciplinar em razão do grande número de componentes relacionadas no estudo da integração homem e natureza.

Assim, a compreensão da expansão canavieira à luz das mudanças de usos dos solos, da modernização da agricultura e da expansão da fronteira agrícola e suas relações com a aptidão agrícola ao uso das terras no setor sucroalcooleiro, os subsequentes conflitos de uso e impactos diretos ou indiretos, levam a entender que o ambiente natural (solos, relevo, vegetação, clima e recursos hídricos) é a base das relações socioeconômicas. Nesse contexto, é necessário compreender aspectos históricos do uso, sua periodização e consequências, como a seguir.

2.1 A Modernização da Agricultura e a Fronteira Agrícola no Cerrado: considerações gerais

Resumidamente, o entendimento de modernização da agricultura nesta tese se enquadra na teoria sobre a evolução do modo capitalista de produção e sua dinâmica nas áreas rurais, onde o avanço é alicerçado numa estrutura fundiária ancorada no latifúndio capitalizado, que representa um modelo concentrador de terras que viabiliza

tanto a transferência dos empresários capitalistas industriais urbanos para as zonas rurais, como lá criando uma nova base técnica de produção e um processo de ocupação excludente, no caso, sobretudo dos povos tradicionais e dos pequenos produtores rurais. Essa evolução se dá num contexto de mudanças de uso dos solos, em geral monoculturas voltadas à exportação de produtos que se tornam *commodities* agrícolas (OLIVEIRA 2007).

As mudanças no espaço rural brasileiro podem ser percebidas e estudadas sob diversos aspectos, dentre eles o da transição do que era chamado de arcaico (tradicional) ao que passou a ser chamado de moderno, ou apenas deste momento, iniciado por grandes mudanças de uso dos solos e da base técnica da produção até sua finalização através da formação dos Complexos Agroindustriais (CAIs). Estes representam o padrão de integração da produção agropecuária e, não raro, agrosilvipastoril, no bojo de um sistema de produção capitalista, ou seja, voltado ao grande mercado. Assim, contextualizar a expansão anterior e a recente da cana-de-açúcar, significa compreender que setores industriais, fornecedores e processadores que compõem uma complexa estrutura de mercado nacional e internacional, dos quais faz parte o setor agroindustrial e nele o sucroalcooleiro, já que a cana não é vendida *in natura* como grãos, leite e carne e outros (SILVA, 2010).

O Cerrado brasileiro vem passando por uma reestruturação produtiva agrícola iniciada na década de 1960, influenciada pela Revolução Verde. Este processo é caracterizado pela modernização da agricultura, tal como exposta acima, o qual alterou profundamente a base tecnológica de produção, contando para isso com políticas públicas federais consubstanciadas em programas diversos, dentre eles o de incentivos governamentais, valorizando as condições favoráveis dos recursos naturais e transformando a produção agrícola com base em um modelo agroindustrial que afetou tanto a pecuária quanto a agricultura (BALSAN, 2006).

Esse tipo de modernização da agricultura partiu de um modelo importado e já praticado nos Estados Unidos e na Europa desde o início do Século XX. No Brasil, ela foi implantada entre 1965 e 1980, para promover a integração da técnica e da indústria no campo, através da agroindústria. Para Barreto, Ribeiro (2008), a modernização agrícola trouxe duas consideráveis alterações nos sistemas produtivos. A primeira está vinculada ao aumento do nível tecnológico do setor rural por meio da utilização de insumos industrializados, como melhoramento genético das plantas e sementes, aplicação de fertilizantes e corretivos agrícolas, usos de máquinas e implementos agrícolas e outros. A segunda é a caracterização da industrialização da agricultura, na qual houve a integração da produção de alimentos e de matérias-primas dentro de uma ramificação industrial.

Outro fator que contribuiu com esse processo de modernização agrícola, no caso do Cerrado, foi o baixo preço das terras, que até então eram consideradas de baixa fertilidade, com problemas de acesso por serem distantes dos grandes centros econômicos do País, portanto, não atendendo às demandas de uma agricultura capitalista. No entanto, o pacote tecnológico da Revolução Verde permitia reverter essas condições naturais por meio de correção, adubação, irrigação e outras tecnologias de melhoramento agrícola, de modo a garantir uma sólida produção nos moldes do agronegócio, interferindo na comercialização das terras e mudando a dinâmica populacional das áreas urbanas e rurais.

A operacionalização dessa modernização da agricultura no Cerrado só foi possível devido à participação governamental através das políticas públicas de incentivo à produção. Duas importantes linhas de investimentos merecem ser destacadas: o Programa de Desenvolvimento do Cerrado-POLOCENTRO e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados-PRODECER atreladas ao II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) em vigor no País de 1975 a 79. Estes dois programas criaram as condições financeiras e de infraestrutura necessárias para a formação de um sistema produtivo de uma agricultura altamente tecnicizada, por permitir o acesso a créditos e a tecnologia e se beneficiar de ações paralelas como a eletrificação rural, construção de estradas e reservatórios para abastecimento e produção de energia.

Goiás foi submetido a intensas transformações no seu modelo de produção agrícola, passando por uma reorganização produtiva no seu território a partir da década de 1960. Em seguida, o Cerrado Goiano passou de fornecedor de alimentos básicos como a rizicultura e a cultura do feijão para uma produção nos moldes capitalistas, ou ditos modernos. Foi assim que a partir da década de 1970, o Cerrado caminhou efetivamente para uma nova estrutura fundiária baseada na Revolução Verde, ocupando extensas áreas por meio de um modelo concentrador de terras e de produção baseado nas grandes propriedades rurais. A década de 1980 representou a reorganização do espaço agrário goiano em torno da expansão das culturas anuais, especificamente da soja e do milho, com alta tecnologia e estruturação produtiva em torno dos grandes complexos agroindustriais (SILVA, 1993, OLIVEIRA 1986; TEIXEIRA NETO, 2002; CALAÇA e DIAS, 2010).

A modernização do espaço agrário em Goiás caracteriza-se, portanto, por seu acabamento com a formação dos Complexos Agroindustriais, na produção de soja e milho, café, aves e ovos, bovinos e leite e, mais recentemente, de cana-de-açúcar. Este processo agrícola no Cerrado Goiano gerou mudanças na paisagem natural, agregando ao agronegócio a monocultura produtiva, a qual afeta *necessariamente* os

ambientes naturais (KAGEYAMA, et. al. 1996; BALSAN, 2006; SILVA, 1993, OLIVEIRA 1986; TEIXEIRA NETO, 2002, CALAÇA e DIAS, (2010)).

Por outro lado, o entendimento desse processo de modernização se vincula a outro, o da expansão da Fronteira Agrícola. Segundo Miziara (2000), a ocupação do território goiano distribuiu-se em duas fazes distintas que passaram de uma base não-capitalista para uma base capitalista. No modelo da Fronteira Agrícola, Martins (1975) divide este fenômeno em Frente de Expansão e Frente Pioneira, em que a primeira está associada a uma lógica de ocupação, de certo modo desvinculada do capitalismo, devido a visar apenas a comercialização dos excedentes. Já a Frente Pioneira leva à transformação espacial na inserção de novos territórios produtivos economia de mercado, apresentando um contexto de produção capitalista. Assim, a Fronteira Agrícola é compreendida por meio do avanço territorial do capital em momentos (fases) distintos, transformando o meio social em novas categorias de produção econômica (MARTINS, 1996).

Refletindo sobre o modelo de Fronteira como proposto por Miziara (2000), a análise marxista sobre a Renda Fundiária da Terra compreende a extração de um lucro destinado ao proprietário da terra por meio da força produtiva natural não disponível para todos. Desta forma, a força produtiva natural engloba os recursos naturais por meio da terra, que não é distribuída homoganeamente, sendo fator determinante e limitante quanto aos investimentos de capitais depositados. Assim, a Teoria da Renda Fundiária no contexto da Renda Absoluta correlaciona-se com a Renda Diferencial I, que é envolvida com as condições naturais de produção agregadas aos mecanismos de infraestrutura, políticas de impostos, além da localização; e a Renda Diferencial II, compreende numa produção dependente de elevada aplicação de recursos, produzindo resultados diferentes em relação ao sobrelucro.

O modelo apresentado por Miziara (2000) aplica-se a Goiás, principalmente ao Sudoeste Goiano. A concepção da Revolução Verde, que induziu mudanças no seu espaço agrário, ao final da década de 1960, diante da transformação da agricultura regional, na verdade representa a introdução do modo de produção capitalista, ou seja, o da Renda Diferencial da terra I. O sucesso da fundamentação deste modelo ocorreu dentro da realidade da ocupação de áreas com condições naturais favoráveis, destacando-se os solos e os recursos hídricos que garantem um ambiente de produção para aplicação de elevado nível tecnológica.

O Sudoeste Goiano conta com a presença de um sistema logístico consolidado, servido por rodovias federais, estaduais e municipais, além de contar com o sistema portuário em São Simão, no Rio Paranaíba, compondo a hidrovia

Paranaíba-Tietê-Paraná que integra uma estrutura de alta complexidade intermodal. Esta integração entre ambiente natural, produção e logística assumem a eficiência da comercialização dos produtos agrícolas diante da aproximação com os mercados consumidores.

Assim, substituir os produtos cultivados por outros com melhores condições de mercado, porém mantendo as mesmas áreas em termos de uso agrícola, em que a incorporação de novas áreas deve ser entendida como substituição de culturas nas mesmas áreas, e com incorporação de infraestrutura e logística disponíveis, de modo a compor novas estruturas para atender o mercado, caracterizariam a modernização da agricultura como associada à Renda Diferencial da Terra II. No entanto, nos últimos anos vem se notando o desmatamento de áreas de Cerrado para plantio da cana, o que caracterizaria a Renda Diferencial da Terra I, sugerindo que à medida que a Fronteira Agrícola avança ela é capaz de atuar dessas duas formas, caso haja ainda estoque de áreas remanescentes de dimensão suficiente para incorporação ao sistema produtivo.

2.2 Mudanças de Uso dos Solos, Geotecnologias e Avaliação da Expansão da Cultura da Cana-de-Açúcar

Na literatura especializada, mudanças de uso dos solos estão vinculadas às mudanças de uso e cobertura das terras, considerando que terras são mais abrangentes que solos. Aguiar (2012) e Jensen, (2009) apontam que a terminologia cobertura está associada aos atributos físicos da paisagem, como vegetação, e os usos se referem ao uso antrópico como agricultura, pastagens, recreação, entre outros. Nesta tese consideram-se mudanças de uso dos solos como sendo mudanças no padrão de uso de uma área, podendo ou não ser agrícola, influenciada por fatores externos (SCHEER; ROCHA, 2006). O conceito de mudanças de uso e ocupação dos solos se refere ao planejamento e à gestão territorial, salientando a sua importância diante do entendimento dos processos e efeitos do espaço geográfico e pelas mudanças ambientais e ao desenvolvimento sustentável (SPÍNDOLA; TURETTA (2010); TURETTA, 2011). O processo de mudanças de uso dos solos está diretamente relacionado aos ciclos econômicos e a influência de mercados comerciais, além de sofrer influência de fatores locais como costumes e tradições (SPÍNDOLA; TURETTA (2010); TURETTA, 2011).

Convém lembrar que na expansão da Fronteira Agrícola a expansão econômica de uma atividade agrícola ocorre por sobreposição com as demais culturas

de menor valor agregado. E que isso pode se dar no contexto da Frente Pioneira ou da frente de Expansão. Portanto, mudanças de uso não são exclusivas de certo contexto de apropriação e uso das terras, referindo-se simplesmente a mudanças de práticas produtivas ou de infraestrutura num certo espaço, como, por exemplo, de remanescentes para cultivos, de um determinado cultivo para outro, de área rural para urbana, de pecuária para reservatório e assim por diante.

Atualmente, a análise das mudanças de usos dos solos, na maioria dos casos, é realizada utilizando inicialmente técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento para mapear os usos, em geral com base em sucessão histórica de usos reconhecidos sobre imagens de satélite, pois há oferta abundante de imagens de vários anos sucessivos, de todos os dias, desde o final da década de 1970, favorecendo o reconhecimento de um panorama multitemporal que possibilita a detecção de mudanças no uso e na cobertura das terras em uma sucessão cronológica por meio das diferentes respostas espectrais. A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas traz a possibilidade de representação cartográfica e de estruturação de bases de dados (SHEER; ROCHA, 2006).

Vale destacar a iniciativa pioneira no Brasil, por meio do projeto Canasat (INPE), que incluiu o mapeamento da cana-de-açúcar utilizando geotecnologias para identificar e quantificar a expansão canavieira. O projeto Canasat (AGUIAR, 2011) foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais com apoio da União da Indústria de Cana-de-Açúcar-UNICA para monitorar a produção do Centro-Sul brasileiro, via satélite.

Rudorff, e Sugawara (2007) realizaram o mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do país utilizando imagens Landsat 5 e identificaram as áreas de cana por meio do processo de segmentação e classificação. Eles estimaram as áreas de colheita e de reforma de canaviais aplicadas aos estados de Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e o Sul da Bahia. Também nessa mesma perspectiva, Rudorff et al. (2005) realizaram o mapeamento multitemporal da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, em nível municipal. Os autores fizeram a análise das áreas disponíveis para colheita, área de cana em reforma e área de cana em expansão, para o período de 2002 a 2004 segundo os parâmetros: final da safra do ano 2002/2003, meses de Janeiro a Março de 2003, meses de Abril a Maio de 2003, e o final da safra 2003/2004.

Mendonça et al. (2011) utilizaram o geoprocessamento para mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no Rio de Janeiro, buscando avaliar a dinâmica do uso dos solos derivados da cana-de-açúcar na região norte fluminense entre 1984 e 2007. Para isto, utilizaram o Modelo Linear de Mistura de Espectral. A realidade do norte do

estado mostrou uma oscilação na produção de cana-de-açúcar, principalmente no período do PROÁLCOOL e na década de 1980, retomando o crescimento nos últimos anos analisados.

A expansão canavieira no estado de Goiás é descrita nos estudos de Castro et al. (2010), onde são retratadas a relação entre produção da cana-de-açúcar e mudanças do uso do solo, igualmente por meio do uso do Geoprocessamento, mostrando que a cana-de-açúcar, em Goiás, ocorre sobretudo em áreas de agricultura, seguidas de pastagens e bem menos em áreas de remanescentes da vegetação original. Percebe-se ainda uma correlação entre as mudanças do uso do solo com a dinâmica de aumento gradativo do número de usinas, sobretudo após 2005 e com o sistema viário, fato discutido também por Silva e Miziara (2010).

A realização de estudos sobre as mudanças de uso do solo interligadas aos ciclos econômicos está diretamente ligada ao fenômeno da expansão da Fronteira agrícola e em particular da cana-de-açúcar, principalmente em Goiás. A compreensão dos padrões de uso e ocupação das terras em Goiás é salientado por Turetta (2011) como importante subsídio para a tomada de decisão como auxílio ao planejamento ambiental/territorial, contribuindo para a otimização e para o uso sustentável dos recursos naturais.

Acrescente-se que a constatação de certa evolução e mudanças de uso das terras, por si só, não se explica, sendo necessária uma avaliação do seu potencial de uso, seguido de uma análise dos diversos ciclos ou fases da evolução e sua relação com esse potencial, historicamente contextualizado, de modo a identificar áreas de conflito e respectivos impactos diretos e indiretos.

2.3 Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

A Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras é uma metodologia desenvolvida por Ramalho Filho e Beek (1995), que consiste na interpretação das condições naturais dos solos em termos do seu potencial de uso, considerando também os níveis tecnológicos de manejo, do menos ao mais desenvolvidos. Ela determina o planejamento do uso agrícola dentro das possibilidades de utilização das terras por meio de um modelo que consiste em relacionar a aptidão agrícola e as atividades antrópicas nelas desenvolvidas. Esta metodologia analisa as limitações naturais das terras quanto à sua utilização, propondo a indicação de seu melhor uso, se lavoura, pastagem, silvicultura ou se são áreas inaptas ao uso agrícola (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). A Avaliação da Aptidão Agrícola também interpreta as condições dos

ecossistemas estimando as suas limitações para a agricultura, apresentando correções ou reduções dos usos de acordo com os níveis de manejo (CARVALHO FILHO, et. al., 2000). Ressalta-se que o termo “Terra”, dentro do modelo proposto pelos autores, deve ser interpretado de maneira ampla abrangendo todas as relações ambientais e Nível Tecnológico de Manejo, Grupos e Subgrupos de Aptidão Agrícola e de Classes de Aptidão Agrícola.

Os níveis de manejo são distintos em três categorias: Nível de Manejo A, baseado em uma agricultura primitiva sem emprego de capital (exemplo subsistência); Nível de Manejo B, baseado em uma agricultura pouco a moderadamente desenvolvida com pouco emprego de capital (exemplo agricultura familiar); Nível de Manejo C, baseado em modelos agrícolas altamente desenvolvidos (exemplo culturas relacionadas à modernização da agricultura com grande emprego de tecnologia e capital).

Os Grupos de Aptidão Agrícola são desenvolvidos por meio da categorização em classes compostas pelos números 1, 2, 3, 4, 5, 6. Estas classes são subdivididas em três categorias, onde os números 1, 2 e 3, que são compostos pelas melhores classes de aptidão, sendo orientadas para lavouras. Os grupos 4,5 identificam as classes de pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural. O grupo 6, é de uso exclusivo para terras sem aptidão agrícola, destinadas à preservação. Barbalho (2010), em seus estudos, agrega neste grupo as Áreas de Proteção Permanente, dando-lhe a atribuição preservacionista. Para o desenvolvimento desta tese, o grupo 6 foi inserido áreas de interesse à conservação ambiental, além das áreas inaptas à agricultura propriamente dita, as áreas de proteção permanente e áreas de conservação como os parques naturais foram agregadas neste grupo.

Os subgrupos de aptidão agrícola correspondem à relação entre os níveis de manejo e o uso e cobertura da terra. O elo que une esta conexão compreende os fatores que determinam os tipos de limitações de uso dos quais são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade erosiva e impedimentos à mecanização, podendo ser introduzidas novas variáveis diante das exigências dos estudos. Estas informações sobre as bases físicas e químicas dos solos foram alcançadas por meio da literatura especializada. Tomou-se como referência o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos o qual subsidiou esta análise (SIBCS, 2013).

Por fim, as Classes de Aptidão Agrícola são denominadas de Boa, Regular, Restrita e Inapta para cada tipo de uso identificado. A Classe Boa corresponde a terras sem limitações significativas de uso; a Classe Regular apresenta limitações moderadas e necessidade de utilização de insumos; a Classe Restrita está

relacionada a fortes limitações as quais envolvem grandes investimentos; a Classe Inapta não apresenta condições de produção e no caso deste trabalho, incluiu-se a restrição ambiental derivada das APP e Reservas Naturais de Proteção Ambiental.

Seguindo essa metodologia desenvolvida por Ramalho Filho e Beek (1995) obtém-se produtos cartográficos que proporcionam a integração do meio natural com as atividades antrópicas (socioeconômicas). Esta relação é sustentada pela classificação dos melhores solos para determinado tipo de uso, promovendo o correto uso das terras com vistas à conservação diante dos limites dos recursos naturais em relação às atividades humanas.

Além da utilização da base metodológica de Ramalho Filho e Beek (1995) tomou-se como referência produtos que foram realizados anteriormente numa escala de mapeamento para todo o território goiano. A EMBRAPA (1989), com apoio do Governo do Estado de Goiás no contexto do seu Zoneamento Ecológico-Econômico, desenvolveram o Mapa de Aptidão Agrícola do Estado adotando uma escala de menor detalhe, 1:1.000.000 (OLIVEIRA, 2014). Por meio deste estudo, apesar da escala, foi possível caracterizar os níveis de manejo existentes no estado, predominando as áreas de grande sem limitações para agricultura mecanizada. No que se refere ao Sul e Sudoeste Goiano, no entanto, constata-se a ocorrência das melhores terras do Estado.

2.4 Fragilidade Ambiental e Pedológica

Segundo Gomes e Pereira (2011) a fragilidade ambiental ou áreas frágeis estão relacionadas com a suscetibilidade dos ambientes em relação aos danos ou impactos ambientais. Eles estão relacionados diretamente com os efeitos da ação antrópica nas áreas naturais manifestando-se de varias formas, como a poluição, contaminação, erosão e outros. Por meio desses autores é possível definir que a fragilidade ambiental está diretamente relacionada com a sensibilidade do ambiente em absorver os efeitos danosos das ações antrópicas, caracterizando-se pela sua baixa capacidade de recuperação ou resiliência.

Para Salomão (2010) as áreas frágeis são ambientes naturais com elevada suscetibilidade natural, que manifestam as ações humanas no meio físico em relação aos seus usos. Além da relação antrópica x suscetibilidade, Xavier et al. (2010) definem os solos frágeis como aqueles com elevados índices de erodibilidade capazes de provocar impactos ambientais e econômicos, como erosão, assoreamento dos recursos hídricos e comprometimento das produções agrícolas.

Dessa forma, os ambientes frágeis são analisados quanto à dinâmica das suas mudanças de uso, manejo e ocupação (ROSS 1994). Para este, a fragilidade ambiental deve ser analisada diante da quebra do equilíbrio, temporário ou permanente, dos ambientes naturais por meio da ação antrópica. Estes expressam uma conexão sistêmica, onde os fluxos de energia e matéria estão em constante troca, promovendo um equilíbrio que é fruto da evolução da paisagem (TRICART, 1977).

As áreas frágeis são, portanto, ambientes naturais, constituídos por alguma especificidade, que o torna uma área restrita para o desenvolvimento das atividades humanas, de forma parcial ou total. A ocupação dessas áreas pode proporcionar a quebra do equilíbrio da dinâmica dos recursos naturais acarretando danos que podem ser irreversíveis, dos quais comprometerão essas áreas diante da sua maior vulnerabilidade quanto aos riscos a danos ambientais.

Ambientes de fragilidade ambiental estão distribuídos pelo mundo expostos a situação de risco. Segundo Gomes e Pereira (2011) áreas como mangues, desertos, áreas de recarga de aquíferos e nascentes podem representar o grupo de áreas frágeis que demandam de maiores cuidados. Entretanto, o uso inadequado de determinadas áreas, por meio da antropização dos ambientes, pode levar determinados ambientes, que antes estavam em equilíbrio, a condições específicas por meio da quebra dos fluxos sistêmicos. Atividades econômicas como mineração, pecuária e agricultura, se desempenhadas em áreas frágeis, aumentam os níveis dos danos ambientais trazendo prejuízos ao meio ambiente juntamente ao homem.

Gomes e Pereira (2011) mostraram as interações de usos que desenvolvem efeitos negativos sobre as áreas com fragilidade ambiental. Para eles, o potencial de uso e a capacidade a vulnerabilidade natural desenvolve pressões negativas que são mais elevadas em relação a maior capacidade de recuperação ambiental.

Tratando-se de ambientes frágeis, os sistemas pedológicos (Sucessão lateral de solos nos interflúvios elementares) também apresentam certas sensibilidades, sobretudo diante dos múltiplos usos e ocupação. Alguns tipos de solos apresentam características que os tornam um ambiente frágil, de menor resistência. Os ambientes de pressão pedológica estão associados aos sistemas de manejo agrícola desenvolvendo uma relação entre a aptidão e a vulnerabilidade ambiental dentro das condicionantes de uso dos solos (SALES et al., 2010). Segundo Franco et al. (2012) as alterações antrópicas nos ambientes naturais, sobretudo no meio físico, integradas aos diversos usos e ocupações neles desenvolvidos, desenvolvem o seu comprometimento diante da fragilização dos ambientes. Nesse caso, a intervenção

humana nos solos, que por características naturais possuem restrições de usos, desencadeia uma série de efeitos danosos de caráter sistêmico no ambiente.

Nessa tese foi adotado o conceito de solos frágeis com base nos parâmetros texturais dos solos. Este modelo conceitual desenvolve a relação entre a fragilidade e a textura, e detalha a ação da granulometria das partículas de solos do tamanho de areia, quais caracterizam-se como ambientes frágeis (SCOPEL et al., 2005; IBGE, 2007). Essa caracterização em ambientes frágeis ocorre por meio do padrão de natural é entre os sistemas pedológicos e os usos dos solos que são atribuídos pelos agentes de pressão ambiental como erosão, formação de areais e de desertificação (SCOPEL et al., 2005; UHDE, 2009; MEDEIROS et al., 2013). Além da análise relacionada baseada nos atributos texturais, os solos frágeis devem ser compreendidos como os que perdem nutrientes, água e oxigênio para as plantas, além de problemas relacionados com assoreamento, contaminação e risco de erosão em função da intensidade do uso e do manejo (SALES et al., 2010).

A caracterização dos solos frágeis no Sudoeste de Goiás está relacionada com a formação dos arenitos dos Períodos Jurássico, Triássico e Cretáceo. Nessas áreas, há a presença de, principalmente dos Latossolos, Argissolos e dos Neossolos Quartzarênicos que possuem usos mais intensificados para agricultura ou pecuária (LATRUBESSE, CARVALHO, 2005).

Frazão et al., (2008) comparou diferentes sistemas de manejo agrícolas em áreas de Neossolos Quartzarênicos no Cerrado. Por meio da determinação dos valores de nitrogênio, pH, acidez potencial, capacidade de troca de cátions (CTC), fósforo disponível, bases trocáveis e saturação por bases do solo, os autores mostraram que a produção agrícola nesses solos é possível, apesar dos baixos níveis de fertilidade. Porém, eles ressaltaram que essa produção deve ocorrer por meio de um intenso manejo com intuito de se evitar danos ambientais em relação ao uso e à fragilidade ambiental desses solos.

O avanço da agricultura em áreas de solos frágeis também foi analisada por Scopel et al. (2005), igualmente em áreas de Neossolos Quartzarênicos no município de Serranópolis, Sudoeste Goiano. Os autores confirmaram as limitações dos solos frágeis relacionando-os com a baixa produtividade associada aos déficits de nutrientes e a baixa retenção de água. Os solos arenosos apresentaram grande fragilidade, sobretudo ao potencial erosivo, sendo necessário, para o seu uso, um completo planejamento multidisciplinar para seu uso e manejo conservacionista. Esses autores concluíram que a utilização econômica dessas áreas é bastante atrativa, principalmente para soja, cana-de-açúcar, milho e outras, devido às condições de baixa declividade. Porém, ela deve ocorrer com certa cautela, acompanhada de

intensa base técnica, para manter as condições ecossistêmicas desses solos minimizando seus impactos ambientais.

Os solos frágeis fazem parte da categoria de ambientes sensíveis às ações humanas. A sua utilização deve ocorrer de forma ponderada envolvendo técnicas e medidas conservacionistas para ideal manejo. Isso traz a percepção da possibilidade de seu uso, porém, os solos frágeis encontram grandes restrições quanto às práticas agrocomerciais, principalmente com grande envolvimento de maquinários agrícolas. Durante os últimos anos, a região Sudoeste de Goiás passou por intensas transformações do ponto de vista da produção agrícola, que vem ocupando áreas frágeis que antes eram ocupadas por pastagens que vem sendo substituído, principalmente, pela expansão da cana-de-açúcar que pode comprometer o equilíbrio ambiental dessas áreas.

Os solos que não se enquadram nessa categoria não apresentam restrições ao seu uso e manejo, como é o caso dos Latossolos Vermelhos distróficos e distroféricos e dos Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos argilosos que ocupam geralmente as posições de cimeira dos amplos interflúvios, como nas Chapadas do Centro-oeste, onde a limitação em geral é de fertilidade, facilmente corrigível desde o início da Revolução Verde revelando os efeitos da Modernização da Agricultura. Nesse contexto, mais da metade do Sul Goiano é coberta por tais solos, os quais se constituíram no alvo preferencial de expansão da Fronteira Agrícola.

2.5 Indicadores Ambientais Aplicados à Cana-de-Açúcar

O uso de indicadores para a avaliação diagnóstica ambiental ganhou grande destaque mundial e no Brasil, perante os benefícios existentes nesta ferramenta. Os indicadores ambientais favorecem respostas rápidas sobre a dinâmica ambiental em relação às atividades antrópicas. Nesta perspectiva de uso dos indicadores ambientais, torna-se foco desta tese por meio da sua utilização para análise da expansão sucroalcooleira no Sudoeste Goiano.

A avaliação ambiental, por meio dos indicadores, foi introduzida oficialmente, no Brasil em 2002, por meio do IBGE, como já assinalado, com o objetivo de estruturar um conjunto de informações sobre o desenvolvimento sustentável, abrangendo a dimensão econômica, social, ambiental e institucional, a qual passou por atualizações (2004, 2008 e 2010), buscando atender os princípios formulados na Rio 92 (IBGE, 2012). Essa ferramenta de análise vem envolvendo principalmente o setor público para a contextualização da dinâmica ambiental, o que levou à ampliação da sua

aplicabilidade, possibilitando a sua atuação em diversos setores, como o propriamente dito público e, em menor escala, o privado, como exposto.

Santos (2004) trabalha, no tema de Planejamento Ambiental, o conceito de indicadores ambientais. Segundo a autora, este conceito foi desenvolvido pela *Organization for Economic Cooperation and Development-OECD* onde se trabalhou para desenvolver um conjunto de parâmetros, ou funções derivadas deles, com capacidade de descrever um estado ou uma resposta aos fenômenos observados no ambiente. Os indicadores devem ser acompanhados do estado, a pressão e as respostas do meio em relação as atividades antrópicas impactantes.

O uso dos indicadores específicos para uma dada atividade é mais recente. No caso da expansão sucroalcooleira no Brasil os indicadores vêm sendo utilizados de modo crescente, no mesmo ritmo da sua popularização no país, alcançando cada vez mais novos usos e aplicações. A análise da expansão da cana-de-açúcar, em particular, vem se tornando realidade nos últimos anos e o uso de indicadores para sua análise promove um importante auxílio para a compreensão da dinâmica sucroalcooleira e impactos decorrentes.

A avaliação da produção brasileira de etanol torna-se importante devido à base de discussões que irão subsidiar direcionamentos de políticas públicas de âmbito social, econômico e ambiental para a produção de etanol/açúcar. Cetrulo, Molina e Malheiros (2013) mostram a importância do uso de indicadores para a análise da indústria canavieira, por criarem subsídios para ações sociais e de políticas setoriais a serem aplicadas ao setor.

Ou seja, a avaliação o mais integrada possível dos recursos naturais visando a manutenção dos recursos bióticos, abióticos e a manutenção dos processos ecossistêmicos, numa perspectiva sustentável, deveria considerar os danos e impactos ambientais desencadeados pela expansão da cana-de-açúcar (SANCHEZ, 2008, CONAMA 001/1981). Para isso, adotaram-se critérios metodológicos para a seleção destes indicadores de base ambiental da expansão canavieira baseados na avaliação da aptidão agrícola ao uso das terras, a avaliação de conflitos de uso e dos impactos diretos e indiretos.

Seguindo a mesma ideia de Ferraz (2012), de que um indicador poderia ser traduzido numa classe ou categoria que fosse resultado da integração de vários dados e que valorizasse a variável ambiental de modo a poder contribuir para a avaliação da sustentabilidade da expansão canavieira, optou-se por utilizar as seis classes e respectivas subclasses de aptidão agrícola das terras, as quais, cruzadas com as mudanças de uso, em série histórica, permitiriam, por analogia direta, reconhecer as áreas de conflito entre a aptidão agrícola e o uso das terras. Posteriormente, optou-se

por estabelecer os índices de conflito, aqui denominados de graus de conflito, baseados no distanciamento entre a classe/subclasse de uso com a cana.

A aptidão agrícola, como exposto, trabalha com indicadores do meio físico e o nível tecnológico de manejo, já representando uma síntese de indicadores. Os conflitos baseiam-se nos descumprimentos da recomendação de uso, o mais discrepante, sendo uso agrícola intensivo com lavouras em áreas inaptas ao uso agrícola e progressivamente menores à medida que os usos se aproximavam da classe/subclasse de aptidão.

Os impactos diretos e indiretos são provenientes do conceito de Impacto Ambiental adotado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, na Resolução 001/1986, segundo o qual impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 001/1986).

Nessa tese foi aplicado o conceito de uso de indicadores de impactos ambientais diretos e indiretos aplicados à cana-de-açúcar, desenvolvidos por Nassr et al., 2008). Segundo estes autores, os indicadores avaliam os impactos diretos que correspondem ao resultado da mudança de uso de um remanescente, de uma cultura ou um pasto pré-existent em cana-de-açúcar. Já os indiretos seriam resultantes das consequências dos usos diretos, capazes de produzir reações em cadeia nas áreas não utilizadas pela cana, mas por culturas ou pastos que foram deslocados espacialmente devido a cana ter ocupado a área onde estavam (NASSAR et al., 2008).

2.6 Procedimentos Operacionais da Pesquisa

As metodologias aqui apresentadas situam-se num roteiro geral adotado na pesquisa que será trabalhado, especificamente e com maiores detalhes, nos capítulos correspondentes. A seguir a descrição de cada etapa.

1º Etapa: Revisão Bibliográfica.

A revisão bibliográfica sobre o avanço da cana-de-açúcar e suas conexões com as mudanças de usos dos solos e a aptidão de uso das terras, na área de estudo ocorreu, a partir do levantamento e seleção de fontes bibliográficas seguidos de suas

respectivas leituras, fichamentos e elaboração textual, que contribuíram para a construção dos temas desenvolvidos nesta tese.

Também nesta etapa, realizou-se o levantamento de informações sobre o meio físico do Sudoeste Goiano junto ao SIEG, ANA, EMBRAPA e DNPM, além da busca por metodologias para a interpretação das mudanças de usos dos solos e para a elaboração da aptidão do uso das terras, relacionando-os com a expansão canieira na região estudada. Por meio desta revisão, optou-se utilizar o método de classificação supervisionada de imagens e o modelo de elaboração de aptidão agrícola de Ramalho Filho e Beek (1995).

E ainda foram selecionadas as bases socioeconômicas gerais e dos municípios goianos e, em específico, os da região, junto ao IPEA, IBGE, SEGPLAN, ANFAVEA CANASAT, UNICA e MAPA, que permitiram traçar um perfil regional da produção agrícola e industrial correlacionada ao setor sucroalcooleiro, dentro da perspectiva da Revolução Verde, a partir de 1970, do PROÁLCOOL, nos anos de 1980 e da atual expansão canieira, a partir de 2000.

2º Etapa: Produtos Cartográficos Compilados.

O Mapa de Localização dos Municípios contém a disposição dos municípios da Região de Planejamento do Sudoeste Goiano. Ele foi elaborado a partir da compilação dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e trabalhado a partir das regiões de planejamento indicadas no SIEG-GO, considerando-se os municípios envolvidos nos limites da região focada. O mapa foi elaborado na escala 1:100.000, que melhor permitiu a caracterização e descrição da área de estudo, diante da expansão.

O Mapa Geológico regional foi utilizado para caracterizar as unidades geológicas presentes no Sudoeste Goiano. Ele foi extraído do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponível para o Estado de Goiás na escala de 1:1.000.000. Esta base cartográfica foi editada na suíte ArcGis, onde foi extraído o recorte regional desejado.

O Mapa Geomorfológico caracteriza as unidades de relevo, e levou em consideração a classificação de Latrubesse, Carvalho (2005), disponível no SIEG-GO. Este mapa passou por tratamento similar ao Mapa Geológico, passando pelo recorte regional a partir da base cartográfica para todo o Estado de Goiás, porém, este foi reclassificado para atender a realidade espacial em relação à escala da área de estudo.

O Mapa de Declividade contém o gradiente topográfico do terreno na escala compatível 1:100.000 e foi gerado a partir de imagens de radar do Projeto

INPE/Topodata (VALERIANO, 2010), das quais também foram trabalhadas no Arcgis seguindo os critérios desenvolvidos por Bertoni, Lombardi Neto (1985).

As Drenagens e Bacias Hidrográficas são compostas pelos principais rios que drenam a região e a sua divisão hidrográfica, que no caso compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba e a do Rio Araguaia. A busca por estas informações ocorreu no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas - ANA, disponível para todo o território nacional. Estas informações foram trabalhadas em conjunto ao banco de dados de drenagens do IBGE, para melhor abrangência das informações quanto à realidade regional. Assim como no Mapa Geológico e Geomorfológico, estes dados foram trabalhados no Arcgis no recorte regional focado.

O Mapa de Solos compreendeu a classificação pedológica até o terceiro nível categórico (EMBRAPA, 2006, 2013). Esta base foi compilada do Zoneamento Agroclimático da Cana-de-Açúcar - ZAECana desenvolvido pela Embrapa (MANZATTO et al, 2009), para todo o Brasil e em específico para o estado de Goiás. Apesar do nível de detalhamento, este mapa não está em escala 1.100.000, o que necessitou de adequações de refinamento (fato explicado com maiores detalhes posteriormente). Porém, para fins de caracterização da área esta base foi reclassificada no Arcgis, e utilizada como orientação dos solos presentes no Sudoeste Goiano.

Os Mapas de Produção de cana no Centro-Oeste brasileiro e em Goiás, em toneladas por hectare (t/ha), dos anos de 1985 a 2010, foram elaborados a partir dos dados disponíveis no IPEA-Data/IBGE por município. Selecionaram-se os dados por estado e pelos municípios goianos, estruturando-se uma tabela em Excel. Esta tabela foi trabalhada no Arcgis, cruzando com a base cartográfica do Centro-Oeste e dos municípios goianos gerando um produto cartográfico que permitiu a análise por meio das Regiões de Planejamento de Goiás mostrando as maiores concentrações da cana-de-açúcar do território goiano.

O Mapa de Localização das Usinas no Sudoeste Goiano veio para caracterizar e localizar as usinas em produção na região estudada. O seu princípio de elaboração seguiu os mesmos passos dos Mapas de Produção de Cana, para o Centro-Oeste e em Goiás. Para a sua elaboração buscou-se as coordenadas cartográficas das usinas em produção no Sudoeste Goiano, junto ao Sindicato das Indústrias de Álcool e Açúcar dos Estado e Goiás- SIFAEG, criando uma tabela em Excel que foi integrada aos municípios envolvidos. O produto originado deste procedimento foi um mapa contendo as usinas sucroalcooleiras em produção dispostas no Sudoeste Goiano, por município.

3º Etapa: Mudanças de Uso dos Solos.

Esta parte da pesquisa desenvolveu-se em cinco etapas: (1) caracterização do meio físico da região; (2) a elaboração dos mapas de uso dos solos dos anos 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013; (3) manipulação e intercruzamento dos dados extraídos dos mapas de usos dos solos (4) a avaliação comparada da sucessão de mudanças de uso dos solos proporcionada pela cana-de-açúcar para os anos analisados.

Na primeira etapa elaborou-se a caracterização climática, geológica, geomorfológica e pedológica da RPSG por meio da compilação de bases cartográficas do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás (SIEG) e da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) e dos dados climáticos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO).

A segunda etapa consistiu na utilização do sensoriamento remoto e do geoprocessamento para mapear o uso do solo na região, bem como as suas mudanças de uso com base em imagens de satélite TM Landsat 5 obtidas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondentes às órbitas 222/72 e 73, 223/72 e 73, 223/72 e 73 dos referidos anos, adotando-se o mês de agosto para assegurar a ausência de nuvens, posteriormente coloridas Red, Green, Blue (RGB), na composição 3/5/4 após o que passaram pelo registro pixel a pixel por meio da sua correção geométrica (MOREIRA, 2002). A seguir, foram submetidas ao processo de segmentação supervisionada e delimitados os polígonos por similaridade dos pixels, adotando-se a chave de interpretação desenvolvida por Santos (1981) apud Silva e Castro (2011), como forma de identificar os atributos das imagens por meio do seu comportamento espectral, diante da resposta dos alvos (Quadro 3).

Seguindo ainda o mesmo protocolo, foram utilizadas imagens Landsat 8 obtidas no *Unident State Geological Survey* (USGLS) para o período de agosto de 2013. Tais imagens passaram pelo processo de reprojeção do *Datum* para o Hemisfério Sul realizado na plataforma Arcgis. Para chegar a resultados equivalentes, passou-se à composição espectral RGB 6/5/4 permitindo uma resolução espacial de 30 metros. A seguir, foram elaborados os mapas de uso do solo na escala 1: 100.000, que garantiram níveis de detalhamento satisfatórios para a região pesquisada, adaptando-se ao Manual de Uso da Terra (IBGE 2006), contendo as seguintes classes: Culturas anuais, Pastagem, Vegetação, Cana-de-Açúcar, Água e Área Urbana como mostra o Quadro 2.

Quadro 2- Chave de Interpretação das imagens de satélite Landsat TM5 e 8 adotada

Tipo de Uso	Cor ou Tonalidade	Textura	Limite	Forma
Cana-de-açúcar	Verde claro (fotossintética-mente ativa); Tom claro (solo exposto/cana colhida); Tom escuro (cana queimada)	Média/fina	Definido	Regular
Agricultura	Verde/vermelho	Média	Definida	Regular
Pivô	Verde claro	Fina	Definido	Regular/esférico
Pastagem	Rosado/marrom/esverdeado	Média	Definido	Irregular
Vegetação Nativa	Verde escuro	Média/grosseira	Definido	Irregular/regular
Área Urbana	Tons claros	Grosseira	Definido	Irregular
Drenagem	Preto	Fina	Definido	irregular

Fonte: Silva e Castro (2011).

A terceira etapa consistiu na extração e cruzamento dos dados gerados a partir dos mapas de uso dos solos. Geraram-se tabelas de áreas dos respectivos usos aqui trabalhados, dos quais se estabeleceu a taxa de crescimento dos usos dos solos, para o período trabalhado.

A quarta e última etapa contemplou a análise da sucessão de uso que foi realizada na plataforma ArcGis, a qual possibilitou uma avaliação comparada por meio da ferramenta *Intersect*. Nesta etapa, elaborou-se a progressão de usos dos solos em relação aos usos anteriores, tomando como referência as áreas de cana-de-açúcar do último ano, 2013. Estes dados foram cruzados com os polígonos de usos dos anos de 2010, 2005, 1995 e 1985, resultando na matriz ou chave da evolução de uso do solo. Esta progressão foi submetida à análise estatística utilizando a ANOVA Fatorial, que teve como variável dependente o uso do solo e, variável independente, as mudanças de uso de modo temporal.

4º Etapa: Aptidão do Uso das Terras e a Expansão Canavieira.

A avaliação da aptidão agrícola das terras foi desenvolvida com base na metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995), aqui desenvolvida em duas fases e seus respectivos procedimentos operacionais:

1ª Fase: elaboração de mapas temáticos do meio físico da RPSG, em escala de 1:100.000, utilizando a plataforma ArcGis, a saber:

- I. **Mapa de Solos (ou de Solos):** foi elaborado por compilação da base disponibilizada pela Embrapa Solos no Geoport Digital² e pelo Sistema Estadual de Geoinformação-SIEG, em escala de 1:250.000 que, por meio de ajustes com base nas imagens de satélite Landsat TM5, Landsat TM 8

² mapoteca.cnps.embrapa.br

(Pancromática com resolução de 15 metros) e Topodata (declividade, modelo numérico de elevação e relevo sombreado) permitiu refinamento para a escala 1:100.000. Nesta etapa também foi realizada a integração dos dados disponíveis para a elaboração da legenda desse mapa, cujas classes de solos foram estabelecidas até o terceiro nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SIBCS (EMBRAPA, 2013);

- II. **Mapa de Declividade:** foi gerado sobre imagens de radar do projeto Topodata, resolução de 30 metros. As imagens de satélite passaram pelo processamento digital obtendo o MDE do relevo, transformando-o em classes de declividade. Estas foram adaptadas segundo as orientações de Bertoni e Lombardi Neto (1985) e de Ramalho Filho e Beek (1995), como a seguir:
- a. Relevo plano (0-6%): são terras localizadas em relevos com baixa declividade, podendo, em longo prazo, apresentar riscos ligeiros à erosão. Nas áreas mais declivosas desta classe há a necessidade de práticas conservacionistas simples;
 - b. Relevo suavemente ondulado (6-12%): apresentam maior declividade que a anterior. Necessitam medidas conservacionistas simples diante do risco de surgimento de sulcos e voçorocas. Apresentam restrições quanto à mecanização;
 - c. Relevo ondulado (12-20%): são terras que apresentam maior nível de declividade, considerada moderada. São relevos que necessitam de controle de erosão, sobretudo de voçorocamento em todas as etapas da produção agrícola. Em relevos com maior dissecação apresentam forte suscetibilidade à erosão, necessitando de técnicas moderadas de manejo e conservação do solo para a utilização agrícola;
 - d. Relevo fortemente ondulado (20-45): ocorrem em relevos muito dissecados e apresentam grande suscetibilidade erosiva. Possuem grandes restrições para a utilização agrícola. A produção nestes ambientes torna-se economicamente e ambientalmente inviável;
 - e. Relevo escarpado (>45%): são áreas que não possuem aptidão para uso agrícola, pois se localizam em áreas muito declivosas, cujo uso recomendável é para conservação ambiental.
- III. **Mapa de Suscetibilidade à Erosão Laminar:** foi gerado a partir da metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985), segundo esta, que estabelecem relações entre os solos e a declividade, gerando o Índice de Relativo de Erodibilidade-IRB que varia de 0 a 10, distribuído em cinco classes crescentes: 0-

2; 2-4; 4-6; 6-8 e 8-10. O cruzamento destas informações gerou o Mapa de Suscetibilidade a Erosão Laminar corresponde aos seguintes resultados:

- a. **Extremamente Suscetível (I):** terrenos com sérios problemas quanto ao seu uso. Apresentam necessidade de métodos complexos de conservação indicados como áreas de preservação, conservação, florestamento ou reflorestamento;
 - b. **Muito Suscetível (II):** são terras com problemas complexos de conservação indicados para uso de pastagens;
 - c. **Moderadamente Suscetível (III):** apresentam problemas complexos de conservação indicados para pastagens e culturas perenes;
 - d. **Pouco Suscetível (IV):** são terras com problemas complexos de conservação, porém, com uso potencializado por meio de medidas conservacionistas intensivas, indicadas para pastagens, culturas perenes e anuais;
 - e. **Pouco a Não Suscetível (V):** terras que não apresentam problemas de conservação, prevalecendo o uso de quaisquer tipos de culturas agrícolas. Não necessitam de manejo especial, com exceção das áreas com solos mal drenados;
- IV. Mapa dos Recursos Hídricos e de Unidades de Conservação:** o primeiro foi elaborado com base na compilação de dados da Agência Nacional das Águas-ANA, considerando um *buffer* de 80 metros margeando os canais de drenagem, definido como Área de Proteção Permanente-APP, com aproximadamente 40 metros em cada margem. Esta medida foi adotada com referência ao trabalho de Barbalho (2010) que aplicou esta homogeneização em razão da variância das larguras das drenagens para um setor da alta bacia do rio Araguaia. O mapa de unidades de conservação foi gerado a partir da base de dados do SIEG, onde foram extraídos os limites da área do Parque Nacional das Emas, em Mineiros (GO).
- V. Mapa de Aptidão ao Uso das Terras:** foi realizado a partir da metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), que visa o uso racional das terras em função das suas características naturais da paisagem. O mapa de uso das terras foi elaborado em escala de 1:100.000 contendo as classes de aptidão

encontradas na área. O processo de organização ocorreu mediante da determinação dos fatores limitantes do uso da terra, propostos pelos autores, que são: deficiência de fertilidade dos solos, deficiência ou excesso de água, suscetibilidade à erosão, impedimentos à mecanização, declividade e restrições ambientais (Apêndice A). Utilizado o software ArcGis, realizou-se a integração destas informações determinando-se as classes de aptidão utilizando o quadro de referência em anexo (Anexo A). Por meio deste quadro de referência, elaboraram-se os Grupos e Subgrupos numa análise integrada, por referência às alterações nos fatores limitantes de uso do solo. Desta forma, elas apresentam os seguintes parâmetros de aptidão:

a) Nível de Manejo:

Nível A: corresponde ao manejo primitivo com baixo nível técnico-cultural, onde não há aplicação financeira expressiva e nem de capital técnico e conservacionista. Baseia-se no trabalho braçal utilizando instrumentos rudimentares;

Nível B: baseia-se em um padrão tecnológico médio, que utiliza baixos níveis de investimentos e de técnicas de melhoramento, manejo e cultivos. Neste nível de manejo, estão inclusas a utilização de técnicas simples como calagem e adubagem, com baixos níveis de utilização de maquinários;

Nível C: é resultado de um processo produtivo muito desenvolvido, que aplica alto nível tecnológico. Nos níveis de manejo C utiliza-se alto padrão de investimentos em capital econômico dentro das diversas etapas produtivas do processo agrícola;

b) Grupos de aptidão agrícola

Os grupos de aptidão agrícola são formas de representação cartográfica para identificação das melhores capacidades de uso. Para isto, criaram-se classes que melhor representam a aptidão. No esboço metodológico, são desenvolvidas três classes: lavouras (grupos 1, 2 e 3); pastagem plantada, silvicultura, pastagem natural e áreas de preservação (4, 5 e 6).

c) Desenvolvimento da Avaliação da Aptidão Agrícola do Uso das Terras – AUT

A AUT ocorre a partir da classificação das terras dentro do quadro 3, do qual se observa o enquadramento dos grupos de manejo (boa, regular, restrita e inapta) em relação às múltiplas variáveis definidas no modelo metodológico. As variáveis são os Fatores Limitantes do Uso das Terras que são os parâmetros utilizados para o processamento das informações. Entre eles destacam-se a deficiência de fertilidade, a deficiência ou excesso de água, a suscetibilidade à erosão, impedimentos à mecanização e restrições ambientais. Estes fatores são processados junto aos grupos e subgrupos de aptidão, observados no quadro 3 a seguir, que mostram as classes de aptidão de referência do uso das terras.

O processamento das informações ocorreu por meio da análise integrada das informações contidas nos mapas de solos, declividade, suscetibilidade à erosão laminar, recursos hídricos e de unidades de conservação. Além da integração destes dados, utilizou-se a interpretação das características físico-químicas dos solos, gerando a definição das classes de AUT, segundo recomendações de Ramalho Filho e Beek (1995) para a área correspondente à RPSG, elaborando-se o padrão de interpretação (Quadro 3) considerando a subjetividade do interpretador (Barbalho; Campos, 2010).

Com a elaboração das classes de AUT, foram selecionadas as classes aptas para o cultivo agroindustrial da cana-de-açúcar. Em consideração à abrangência da metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995), será considerada compatível com a produção de cana-de-açúcar voltada ao setor sucroalcooleiro, às classes de usos das terras que permitam uma produção agrícola com intenso uso tecnológico.

Quadro 3-Classes de Aptidão de Uso das Terras

Grupo	Uso	Subgrupo	Caracterização
1	Lavouras	1ABC	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A, B e C.
		1ABc	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B e regular no nível C.
		1bC	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, e regular no nível B e inapta no nível A.
		1A(b)	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo A, restrita no nível de manejo B e inapta no nível C
2		2bC	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível de manejo b e inapta ao nível de manejo A.
		2bc	Terras pertencentes à classe de aptidão média para lavouras no nível de manejo B e C, inaptas ao nível de manejo A.
		2ab(c)	Terras pertencentes à aptidão média para lavouras nos níveis de manejo A e B, restritas ao nível de manejo C.
		2ab	Terras pertencentes à aptidão média para lavouras nos níveis de manejo A e B e inapta no nível de manejo C.
		2a(b)	Terras pertencentes à aptidão média para lavouras, nos níveis de manejos A restritas nos níveis de manejo B e inaptas no nível de manejo A.
		2(ab)	Terras pertencentes à aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B, inapta para o nível de manejo C.
3		3(ab)	Terras pertencentes à aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo A e B, e inapta no nível de manejo C.
4	Pastagem Plantada	4p	Terras pertencentes à classe de aptidão média para pastagens plantadas.
		4(p)	Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagens plantadas.
5	Pastagem Natural e/ou Silvicultura	5s	Terras pertencentes à classe média para silvicultura.
		5(s)	Terras pertencentes à classe restrita para silvicultura.
		5sn	Terras pertencentes à classe média para silvicultura e pastagem natural.
		5(sn)	Terras pertencentes à classe restrita para silvicultura e pastagem natural
6	Restrições de uso	6	Terras sem aptidão para uso agrícola e restrição ambiental.

Fonte: Ramalho Filho.e Beek (1995).

Desta forma, as classes de manejo que melhor atendem as demandas canavieiras são as do tipo B e C. As do tipo B caracterizam-se por serem classes intermediárias devido à necessidade de investimentos em insumos agrícolas para

produção; enquanto que as do tipo C consistem em um nível de manejo com grande capacidade quanto ao emprego de alto nível tecnológico. Enquanto isso, as classes de aptidão do tipo A apresentam restrições devido ao fato de englobarem níveis de manejo mais primitivos. Além destas classes, do grupo correspondente às lavouras, existem os destinados à outras práticas agropecuárias, como pastagem, silvicultura e preservação, sendo estes inaptos à cana-de-açúcar.

2ª Fase: avaliação dos conflitos entre aptidão e o avanço da cana-de-açúcar, analisando a sucessão temporal por pares (1985/1995, 1995/2005, 2005/2010, 2010/2013), os dois primeiros representativos da fase do PROÁLCOOL e sua consolidação e os dois últimos relativos à expansão atual da cana (início e consolidação), como exposto, de modo a identificar não apenas a expansão canavieira na região, mas em especial sobre áreas frágeis. Para isso, realizou-se:

I - Análise das Componentes Principais-PCA e a ANOVA Fatorial- Trata-se de análise estatística dos principais componentes intervenientes nos conflitos, realizada para uma série temporal da expansão da cana-de-açúcar e sua relação com a aptidão do uso das terras. A ferramenta estatística utilizada, denominada de Análise das Componentes Principais-PCA da qual permite identificar as evidências das tendências (ordenação ou discriminação espacial) de componentes envolvidas num dado processo, no caso o da expansão canavieira. A análise PCA foi realizada utilizando a aptidão do uso das terras como variável preditiva e a expansão/distribuição da cana-de-açúcar como variável dependente. Após a realização da análise PCA, foi feito outro tratamento estatístico, o ANOVA Fatorial, que permite melhor entender as tendências da dinâmica espacial canavieira, utilizando dois fatores: a aptidão e o ano.

3ª Fase: Elaboração de Mapas de Conflitos ou Indicadores de Discrepância e Análise dos Impactos Diretos e Indiretos.

I - Mapa de Conflitos ou Indicadores de Discrepância - por correlação espacial do Mapa de Aptidão do Uso das Terras e do Mapa de Uso dos Solos, enfatizando as áreas plantadas com cana-de-açúcar, agricultura, pastagens e vegetação, identificou-se, conforme trabalhado por Barbalho (2010), as áreas de discrepância das quais foram quantificadas e tratadas estatisticamente, adotando-se as seguintes classes:

a) Alta discrepância – quando se constata total inadequação do uso em relação à classe de aptidão ao uso;

- b) Moderada discrepância – quando há incompatibilidade do uso do solo, porém, devido às condições naturais (declividade e tipos de solos) não foram classificadas como alta;
- c) Fraca discrepância—áreas quando quase não há discrepância de uso;
- d) Nula discrepância – quando a classe de aptidão e o uso são congruentes, não havendo discrepância de uso.

II - Análise dos Impactos Diretos e Indiretos: nessa etapa do trabalho foi realizada a sobreposição dos mapas de uso do solo, onde foram extraídas as categorias da cana-de-açúcar, da agricultura e das pastagens que foram analisadas integradamente com os anos anteriores. O cruzamento da categoria do ano atual com a do ano anterior possibilitou compreender o que cada uma destes usos substituiu no ano anterior. Assim, foram definidos os impactos diretos e impactos indiretos, tomando como referência o modelo de Nassar et al. (2008), sendo que a substituição provocada pela cana-de-açúcar é compreendida como impactos diretos e, as demais classes envolvidas, impactos indiretos.

5º Etapa: Geração de banco de dados integrados.

O cruzamento dos produtos cartográficos descritos ocorreu por meio do Arcgis, utilizando-se suas diversas ferramentas editoriais das extensões *Analysis Tools* e *Spatial Analysis Tools* disponíveis no Software. Após o cruzamento das informações do meio físico, uso dos solos, aptidão de uso das terras e a expansão canavieira, gerou-se tabelas com as suas respectivas áreas (hectares) utilizando a extensão Xtools Pro. Estas tabelas passaram por tratamentos no ambiente Excel, além de testes estatísticos, que foram fundamentais para a compreensão do fenômeno estudado.

6º Etapa: Interpretação dos Dados.

Esta etapa consistiu na interpretação dos dados gerados por meio das análises dos produtos cartográficos, transformados em tabelas e gráficos e submetidas a tratamentos estatísticos como ANOVA e PCA (Análise de Componentes Principais) de modo a obter-se o indicador de conflito de uso. A partir destas informações, elaboraram-se os indicadores de conflito de uso que foram estruturados pela análise integrada dos dados de uso do solo e de aptidão do uso das terras, além da conexão dos impactos diretos e indiretos desenvolvidos a partir da compreensão da

substituição do uso dos solos pela cana-de-açúcar (impactos diretos) e pela agricultura e pastagens (impactos indiretos).

Referências

- AGUIAR, A.P.D. **Modelagem de Mudança do Uso da Terra na Amazônia: Explorando a Heterogeneidade Intrarregional**. 2012, 182 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.
- AGUIAR, D. A. et al.; **Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil**. Remote Sensing. 2011; 3(12):2682-2703.
- BALSAN, R. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira, **CAMPO-TERRITÓRIO**: revista de geografia agrária, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.
- BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Vulnerabilidade Natural dos Solos e Águas do Estado de Goiás à Contaminação por Vinhaça utilizada na Fertirrigação CULTURA DE CANA DE-AÇÚCAR. **Boletim Goiano de Geografia (Impresso)**, v. 30, p. 155-170, 2010.
- BARBALHO, M. G. S; CAMPOS, A. B. Vulnerabilidade Natural dos Solos e Águas do Estado de Goiás à Contaminação por Vinhaça utilizada na Fertirrigação CULTURA DE CANA DE-AÇÚCAR. **Boletim Goiano de Geografia (Impresso)**, v. 30, p. 155-170, 2010.
- BARBALHO, M.G.S. **Processos Erosivos Lineares nas Bacias do Rio Claro e dos Bois, Afluentes do Rio Araguaia no Estado de Goiás**: relações com a cobertura vegetal e uso das terras. 2010. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)-Doutorado Interdisciplinar, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- BARRETO, C, A; RIBEIRO, H. Agricultura E Meio Ambiente Em Rio Verde (Go) **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.3, n.1, p. 01-20, jan./ abril. 2008 www.interfacehs.sp.senac.br.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1985. 355 p.
- CALAÇA, M; DIAS, W.A. A Modernização do Campo no Cerrado e as Transformações Socioespaciais em Goiás. **Campo-Território: Revista De Geografia Agrária**, Uberlândia, v.5, n.10, p. 312-332, ago. 2010.
- CASTRO, S.S et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg>>. Acesso em: 02 de jun. de 2013.
- CASTRO, S.S. Comportamento de sistemas pedológicos frágeis no cerrado: breves anotações. **Resumo expandido**. In. **XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solos e da Água**. CD-ROOM. Teresina, Piauí, 2010.

CETRULO, T.B; MOLINA, N.S; MALHEIROS, T.F. Indicadores de Postura Ambiental do Setor de Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar. In: Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2013. Cap. 19. P. 593-614.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23> .Acesso em: 04 mai. 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Rio de Janeiro**. CARVALHO FILHO, A. et al. (Org.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 43 p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Goiás. HIRANO, C. et al. (Org.) Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1989. 41 p.

FERRAZ, R. P. D. **Sistema de indicadores para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica e monitoramento da cultura da cana-de-açúcar**: contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canavieira. 2012, 323 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente)-Doutorado Multidisciplinar, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FRANCO, G.B, et al. Relação Qualidade da Água e Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, vol.42 supl.1 São Paulo, Dez. 2012.

FRAZÃO et al. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.5, p.641-648, Maio 2008.

GOMES, M.A.F ; PEREIRA, L.C. **Áreas Frágeis no Brasil: subsídios à legislação ambiental**. Embrapa Meio Ambiente, 1 ed. Jaguariúna, 2011, 30 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (Recursos Naturais e Estudos Ambientais, n.9).

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto CANASAT - Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da terra**. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff (Coordenador). Disponível em: <www.dsr.inpe.br/laf/canasat/mapa.html>. Acesso em: 19 de mar. 2013.

JENSEN, J R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio et. al. 2º ed. São José dos Campos, SP. Parêntese, 2009, 598 p. Inclui índice. ISBN 978-85-605-07060-1.

KAGEYAMA, et. al; O Nova Padrão Agrícola Brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G.C; GASQUES, J.G; VILLA VERDE, C.M. **Agricultura e Políticas Públicas**. 2º ed. Brasília: IPEA, 1996. Capítulo II, p. 113-224

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. (2005) **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 67 p.

MANZATTO, et. al. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar: expandir a produção, preservar a vida e garantir o futuro**. EMBRAPA Solos. 1.ed. Rio de Janeiro, 2009, 55 p.

MARTINS, J.P. **Capitalismo e tradicionalismo: estudos sobre as contradições da sociedade agrária no Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1975.

MARTINS, J.S. O Tempo da Fronteira: Retorno À Controvérsia Sobre O Tempo Histórico da Frente de Expansão e da Frente Pioneira. **Tempo Social**, v. 8, n.1, p. 25-70, 1996.

MEDEIROS, E.R et al. Filiação Entre Arenitos da Formação Guará e Sua Cobertura Pedológica no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência dos Solos**. Viçosa, vol.37, nº3, p. 555-564, Maio/Junho, 2013.

MENDONÇA, J.C. et al. Mapeamento das Áreas de Cana-de-Açúcar da Região Norte Ministério do Meio Ambiente. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais: referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão piloto**. Brasília, 2014, 96 p. relatório.

MENDONÇA, J.C. et al. Mapeamento das Áreas de Cana-de-Açúcar da Região Norte Fluminense-RJ Por Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.31, n.3, p.561-571, maio/jun. 2011. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n3/a16v31n3.pdf>>. Acesso em: 28 de Mar. De 2014.

Ministério do Meio Ambiente. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais: referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão piloto**. Brasília, 2014, 96 p. relatório

MIZIARA, F. Condições estruturais e opções individuais na formulação do conceito de Fronteira Agrícola. In: Luis Sérgio Duarte da Silva. (Org.). **Relações Cidade-Campo: Fronteiras**. Goiânia: UFG, 2000, p. 273-28.

MOREIRA, J.C. Geoprocessamento. In: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente**. São José dos Campos: INPE, 2002. 14 p.

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). 2008. Sugarcane Ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment. 1st Ed. Wageningen Publs. Wageninguen: 63-94.

OLIVEIRA, A. U. **Modo de Produção Capitalista, Agricultura e Reforma Agrária**. 1º ed. São Paulo: FFLCH, 2007, 184p. ISBN: 978-85-7506-145-9. Disponível em <<http://www.ffiich.usp.br/dg/gesp>>. Acesso em: 01 de Jan. 2014.

OLIVEIRA, A. U. Renda da Terra Pré-Capitalista. **Revista Orientação**. Igeog Usp, São Paulo, n.7, 1986.

OLIVEIRA, V.A. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás: um novo olhar sobre o território goiano**. 1ª ed. Goiânia: Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável, 2014. 62 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1995. 65p.

ROSS, J. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo. n°8, FFLCH-USP, São Paulo, v. 08, 1994.

RUDORFF, B.F.T; SUGAWARA, L.M. Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélite. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 79-86, nov./dez. 2007. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/artigos/Informe_agropecuario.pdf>. Acesso em: 27 de Mar. de 2014.

RUDORFF, et al. Imagens de Satélite no Mapeamento e Estimativa de Área de Cana-de-Açúcar em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v. 52, n. 1, p. 21-39, jan./jun. 2005. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/artigos/Agricultura_em_SP.pdf>. Acesso em 28 de Mar. de 2014.

SALES, L.E.O. et al. Qualidade Física de Neossolo Quartzarênico Submetido a Diferentes Sistemas de Uso Agrícola. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 667-674, maio/jun., 2010.

SALOMÃO, F.X.T. Processos do Meio Físico de Áreas Frágeis. 2010. Trabalho apresentado em conferência Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).

SANCHES, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceito e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 496 p. Inclui Índice. ISBN: 978-85-86238-79-6.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p. Inclui índice. ISBN 978-85-86238-62-8.

SCHEER, M.P.S; ROCHA, J.V. Detecção das Mudanças de Uso da Terra no Município de Sertãozinho (SP) por Meio de Técnicas de Geoprocessamento, 1981-2001. **Revista Brasileira de Cartografia**, N. 58/02, p. 163-174, Ago. 2006. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/109>>. Acesso em: 23 de Setembro de 2013.

SCOPEL et al. Formação de Areas e Perspectivas de Uso e Manejo de Neossolos Quartzarênicos em Serranópolis (GO). **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 25, n. 1-2, p. 11-27, Jan./Dez. 2005.

SILVA, A.A; CASTRO, S.S. Dinâmica de uso da terra e expansão da cana-de-açúcar entre os anos de 2004 a 2010, na microrregião de Quirinópolis, In: **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza**. 1. ed. Goiânia, PUC, 2011, p.155-187.

SILVA, A.A; CASTRO, S.S. Identificação de Parâmetros de Suscetibilidade e Riscos a Impactos nos Solos do Cerrado Goiano Sob Cultivo de Cana-de-Açúcar: o caso de Quirinópolis, Goiás. In: Seminário Interno da Pós-Graduação, 2010, Goiânia, **Anais: Seminário Interno Mestrado e Doutorado**. Goiânia, GO.

SILVA, J.G. A Industrialização e a Urbanização da Agricultura Brasileira. **São Paulo em Perspectiva**, SEADE - São Paulo, v. 7, n.3, p. 2-10, 1993.

SILVA, J.G. **Os Desafios da Agricultura Brasileira**. 2010. Trabalho apresentado no seminário Agricultura Brasileira: desempenho recente, desafio e perspectivas, Brasília, 2010. Disponível em < <http://www.gepec.ufscar.br/textos-1/textos-educacao-do-campo/os-desafios-das-agriculturas-brasileiras/view>>.

SPÍNDOLA, G; TURETTA, A.P.D. **Mudanças de Uso da Terra em Duas Bacias de Drenagem no Município de Nova Friburgo-RJ**. Embrapa Solos, 1. ed. Rio de Janeiro, 2010, 27 p.

TEIXEIRA NETO, A. Evolução Histórica E Geográfica Das Fronteiras Do Estado De Goiás. In: HORIESTE, G. (Org.). **O Espaço Goiano - Abordagens Geográficas**. 1ed.GOIANIA: GRÁFICA DA UFG, 2002, v. , p. 9-57.

TRICART, J. **Ecodiâmica**. Rio de Janeiro, IBGE/Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.

TROPPEMAIR, T. H; GALINA, M.H. Geossistemas. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 05, nº 10, p. 80-89. 2006. Disponível em: < <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/69/44>> Acesso em: 13 de Jan. de 2015.

TURETTA, A.P.D. **Mudanças de Uso da Terra em Bacias Hidrográficas**. Embrapa Solos, 1. ed. Rio de Janeiro, 2011, 18 p.

UHDE, L.T. **Sistema Pedológico em um Ambiente Antropizado da Depressão Centro do RS**. 2009, 226 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Solos) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM, Santa Maria, 2009.

VALERIANO, M, M; ALBUQUERQUE, P, C, G. **Topodata: Processamento dos dados SRTM**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010, 79p. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2010/05.10.18.42/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 30 Junho de 2013.

XAVIER, F.V. et al. Análise Da Suscetibilidade À Erosão Laminar Na Bacia Do Rio Manso, Chapada Dos Guimarães, Mt, Utilizando Sistemas De Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n.2, p.51-60, 2010.

3 Caracterização da Área de Estudo

3.1 O Meio Físico do Sudoeste Goiano

A compreensão do meio físico submete ao entendimento dos fatores naturais que subsidiam o desenvolvimento das atividades econômicas, principalmente daquelas diretamente dependentes dos recursos ambientais. Atividades agrícolas e pecuárias estão diretamente envolvidas com o uso destes recursos, como solos, água, adaptação climática, formas de relevo e outras. O Sudoeste de Goiás reúne condições que possibilitaram o avanço da fronteira agrícola por meio do processo de modernização da agricultura. Sendo assim, a compreensão do ambiente físico se torna importante devido ao capital natural envolvido nos sistemas produtivos. Assim, os aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, hídricos e pedológicos correspondem a uma importante variável na produção, principalmente nas atividades diretamente envolvidas com a natureza.

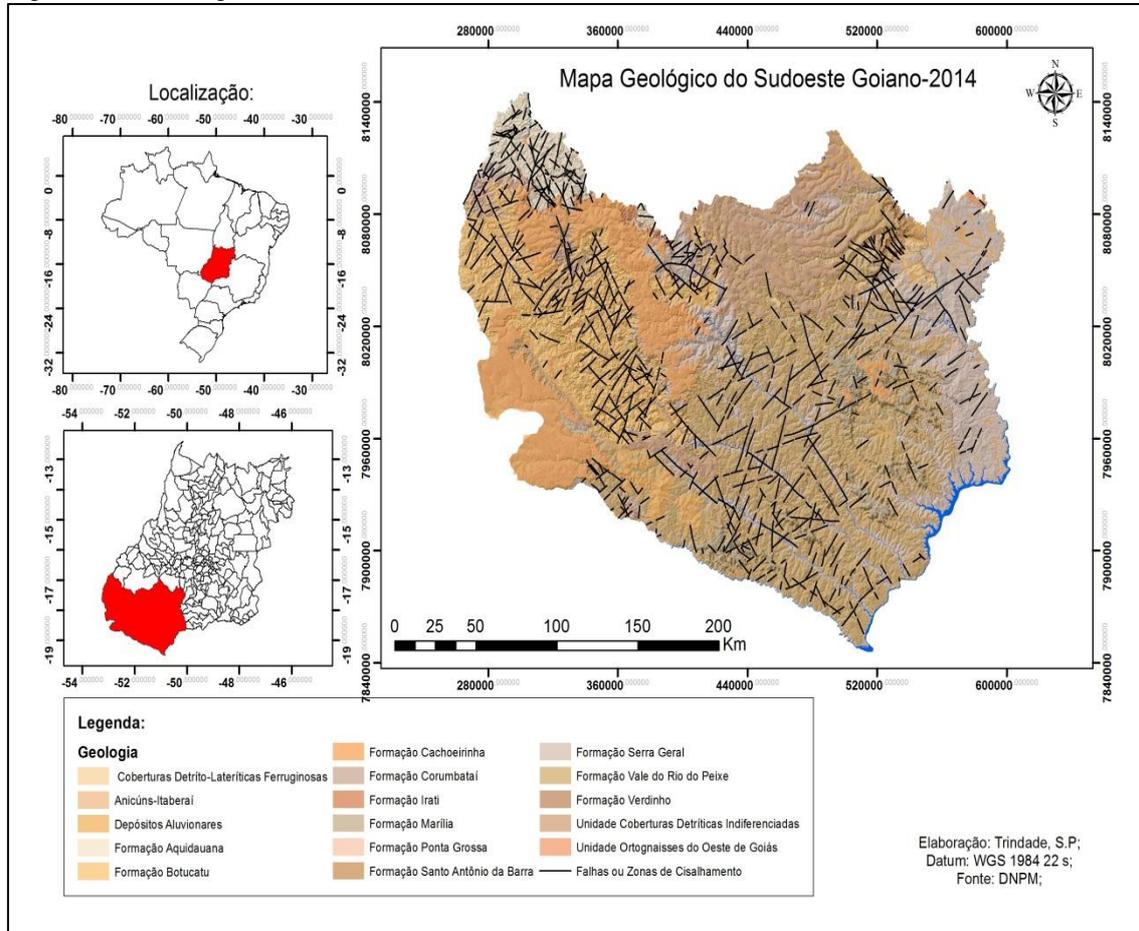
O clima da Região do Sudoeste Goiano é caracterizado como tropical subúmido, com invernos secos e verões chuvosos. O período mais seco corresponde aos meses de inverno (junho, julho e agosto) e o período chuvoso nos meses de outubro a março. Possui uma temperatura média de 24°C e precipitação anual de 1700 mm (INMET, 2014).

A relação entre precipitação e pluviosidade faz com que o Sudoeste Goiano seja um importante atrativo para as atividades econômicas voltadas para os sistemas produtivos agrícolas. Segundo a Embrapa (2015) a cana-de-açúcar demanda certas condições de temperatura, luz e umidade disponível. Para ela, para manter uma produção satisfatória é necessário uma estação razoavelmente seca, ensolarada e fresca, chuvas entre 1000 e 1500 mm anuais, e ser livre de geadas. A região de estudo, assim como grande parte do Cerrado, atente estes aspectos possibilitando uma eficiente produção agrícola, principalmente de cana-de-açúcar.

A Geologia regional (Figura 14) é composta pelas Formações: (i) Vale do Rio do Peixe, Cachoeirinha, Botucatu, Corumbataí e Verdinho, constituídas, principalmente por arenitos, podendo ter ainda conglomerados, argilitos, siltitos e depósitos de areia; (ii) pela Formação Serra Geral, composta por basaltos intercalados a essas Formações; (iii) por Coberturas Detrito-Lateríticas Indiferenciadas e Ferruginosas que em geral se situam nos topos das chapadas abaixo dos Latossolos Vermelhos que aí dominam (iv) Depósitos Aluvionares, arenosos com cascalhos e argila, além de aglomerados, lateritas, argilas e areia; e, por fim, pela (v) Formação

Irati e Formação Ponta Grossa, compostas por folhelhos; e pelos Ortognaisses do Oeste de Goiás, compostos por gnaisses, tonalitos e granitos (DNPM, 2014).

Figura 14 - Geologia do Sudoeste Goiano



Fonte: Serviço Geológico do Brasil.

A distribuição espacial das formações geológicas da região é apresentada na tabela 7. As formações geológicas dominantes em área são a Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Serra Geral, que juntas somam quase 52% da área total, seguidas pela Formação Botucatu e Formação Cachoeirinha somam cerca de 25% da área da região. Essas quatro formações representam quase 80% da área total da RPSG.

Observando o mapa da figura 14, podem-se constatar numerosos lineamentos estruturais, cujas principais direções são NW – SE, mas não tem grande influência na distribuição das unidades geológicas na escala adotada, embora se concentrem em algumas delas, como por exemplo, na Formação Botucatu.

Tabela 7-Distribuição das Unidades Geológicas no Sudoeste Goiano-1999

Unidade Geológica	Área (hectares)	%
Anicúns-Itaberaí	0,09	0,00
Coberturas Detrítico-Lateríticas Ferruginosas	21.668,96	0,36
Depósitos Aluvionares	293.017,61	4,82
Formação Aquidauana	216.275,85	3,55
Formação Botucatu	905.200,46	14,88
Formação Cachoeirinha	626.429,25	10,29
Formação Corumbataí	103.904,98	1,71
Formação Irati	22.476,17	0,37
Formação Marília	189.875,10	3,12
Formação Ponta Grossa	744,75	0,01
Formação Santo Antônio da Barra	37.483,88	0,62
Formação Serra Geral	1.164.975,77	19,15
Formação Vale do Rio do Peixe	1.987.280,44	32,66
Formação Verdinho	828,61	0,01
Unidade Coberturas Detríticas Indiferenciadas	509.385,51	8,37
Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás	5.348,12	0,09
Total	6.084.895,55	100,00

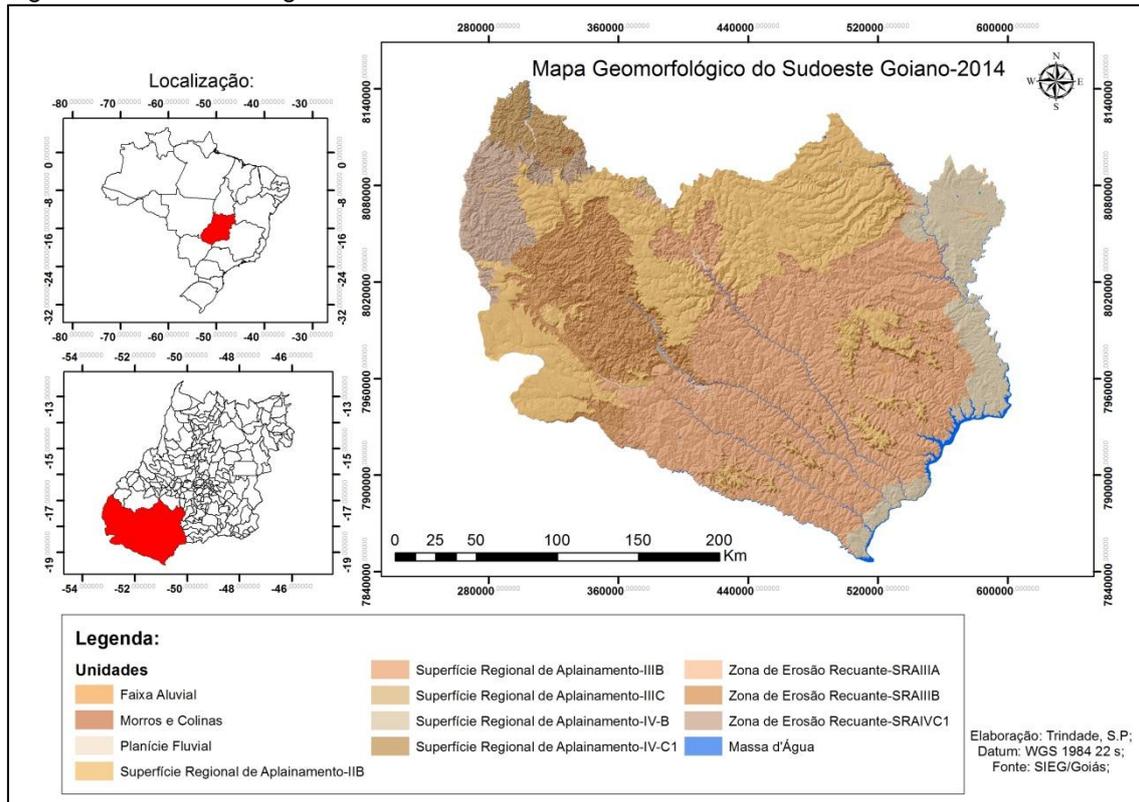
Fonte: DNPM -Departamento Nacional de Pesquisas Minerais.

Latrubesse e Carvalho (2006) caracterizaram a Geomorfologia do estado de Goiás, onde se pode perceber que a região Sudoeste é composta pelos sistemas das Planícies Fluviais, Faixas Aluviais, Superfícies Regionais de Aplainamento, Zonas de Erosão Recuante e Morros e Colinas (Figura 15), expostas a seguir.

As Planícies Fluviais são áreas de deposição de sedimentos relacionadas aos canais de drenagem meândricos. Nesta categoria, também são inclusas as Faixas Aluviais, que apresentam dinâmica semelhante. Estas áreas ganham destaque pela presença de bancos de areia que acompanham as faixas aluviais apresentando formas indefinidas. O Sudoeste Goiano possui uma pequena parte dentro da Planície Fluvial do Rio Araguaia, abrindo a suas nascentes e rios tributários.

As Superfícies Regionais de Aplainamento-SRA são unidades denudacionais formadas pelo processo de etchplanação, resultante da atuação conjunta dos processos de intemperismo (erosão geoquímica) de relevos poligênicos e a pediplanação. Segundo os referidos autores, as SRA são compostas por relevos tabuliformes na forma de chapadas entre as cotas 400 a 1000 metros de altitude. Formaram-se por meio do arrastamento e do aplainamento das superfícies caracterizando-se como de baixo gradiente altimétrico. No sudoeste goiano destacam-se, com altitudes decrescentes, as SRA IIB, IIIB, IIIC, IV-B e IV-C1. Elas diferem em relação ao substrato geológico e à morfologia do terreno.

Figura 15 - Geomorfologia do Sudoeste Goiano



Fonte: SIEG, Latrubesse, Carvalho (2006)

As Zonas de Erosão Recuante-ZER são áreas transicionais entre as SRA e as escarpas de erosão, podendo estar associadas às redes de drenagens que dissecam as superfícies de aplainamento, gerando novas escarpas provindas deste processo. Assim, por dissecarem as SRA formam taludes íngremes, erosivos, com detritos em geral no sopé (talus) caracterizando relevo movimentado.

Por fim, os Morros e Colinas são formas residuais derivadas da evolução das SRA e das ZER, sendo remanescentes de substratos litológicos que por sua constituição, posição ou outro fator se tornaram mais resistentes. Constituem relevos de conjuntos de morros e colinas, além de *inselbergs*.

A tabela 8 mostra a distribuição dos sistemas geomorfológicos no Sudoeste Goiano em relação à sua área.

Tabela 8- Distribuição dos Sistemas Geomorfológicos do Sudoeste Goiano-2006

Unidade Geomorfológica	Área (hectares)	%
Faixa Aluvial	794,468	0,0130
Massa d' Água	49.830,372	0,8152
Morros e Colinas	5.221,397	0,0854
Planície Fluvial	18.623,648	0,3047
Superfície Regional de Aplainamento-IIB	1.792.310,948	29,3227
Superfície Regional de Aplainamento-IIIB	2.509.588,941	41,0575
Superfície Regional de Aplainamento-IIIC	8.598,480	0,1407
Superfície Regional de Aplainamento-IV-B	516.310,740	8,4470
Superfície Regional de Aplainamento-IV-C1	161.109,262	2,6358
Zona de Erosão Recuante da SRAIIIA	22.002,297	0,3600
Zona de Erosão Recuante da SRAIIB	706.244,659	11,5544
Zona de Erosão Recuante daSRAIVC1	321.734,242	5,2637
Total	6.112.369,453	100

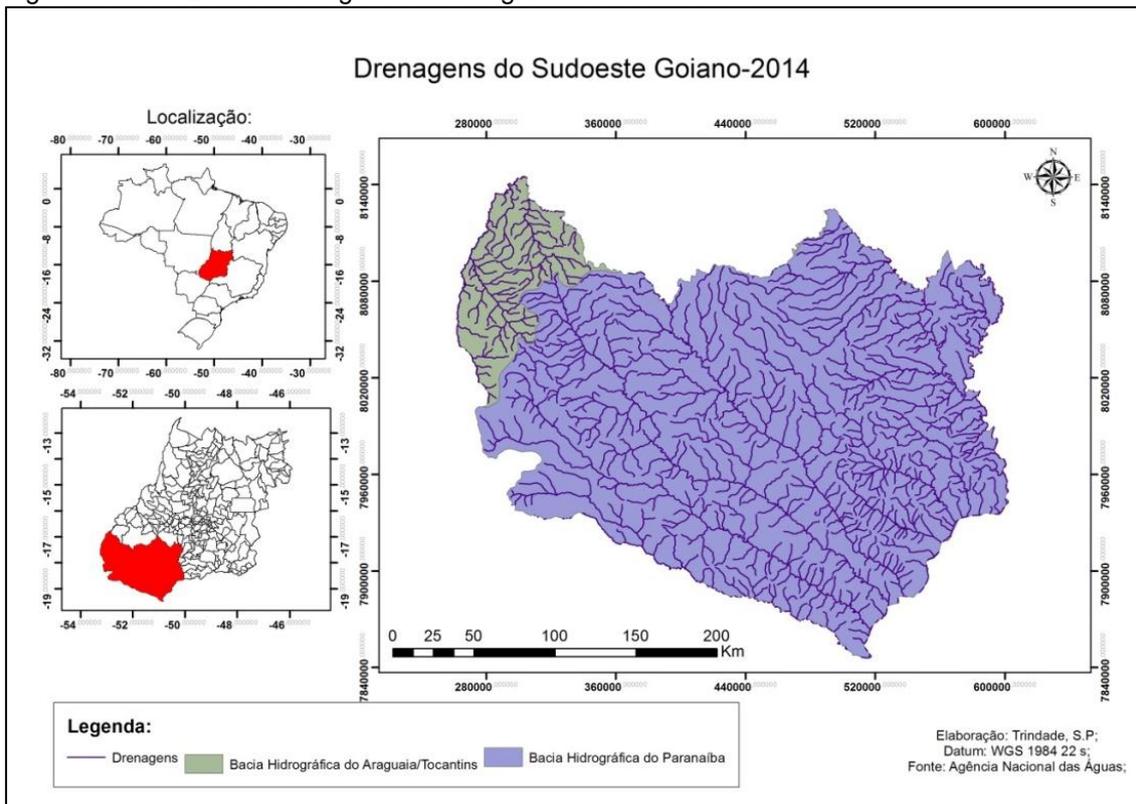
Fonte: SIEG/Latrubesse, Carvalho.

É importante observar a presença dominante das SRA IIB, seguida pela IIB, IV-B que juntas respondem por quase 80% da área total da PSG, em geral dominados por Latossolos, o que permite compreender sua elevada aptidão agrícola. Elas são seguidas pelas Zonas de Erosão Recuante, sobretudo as que transicionam para a SRA IIB e IVC1, que as limitam, chegando a quase 17% da região. Em menor proporção encontram-se as Faixas Aluviais e os Morros e Colinas, que somadas, ocupam pouco mais de 1% da área de estudo, ficando o restante pra 100% com os canais de drenagem e demais corpos líquidos.

O conjunto geológico e geomorfológico do Sudoeste Goiano localiza-se na Bacia Sedimentar do Paraná. O reflexo da distribuição litoestratigráfica e topográfica resultam em relevos com baixos níveis de dissecação, na maioria Chapadas ou Chapadões, com grande potencial para motomecanização.

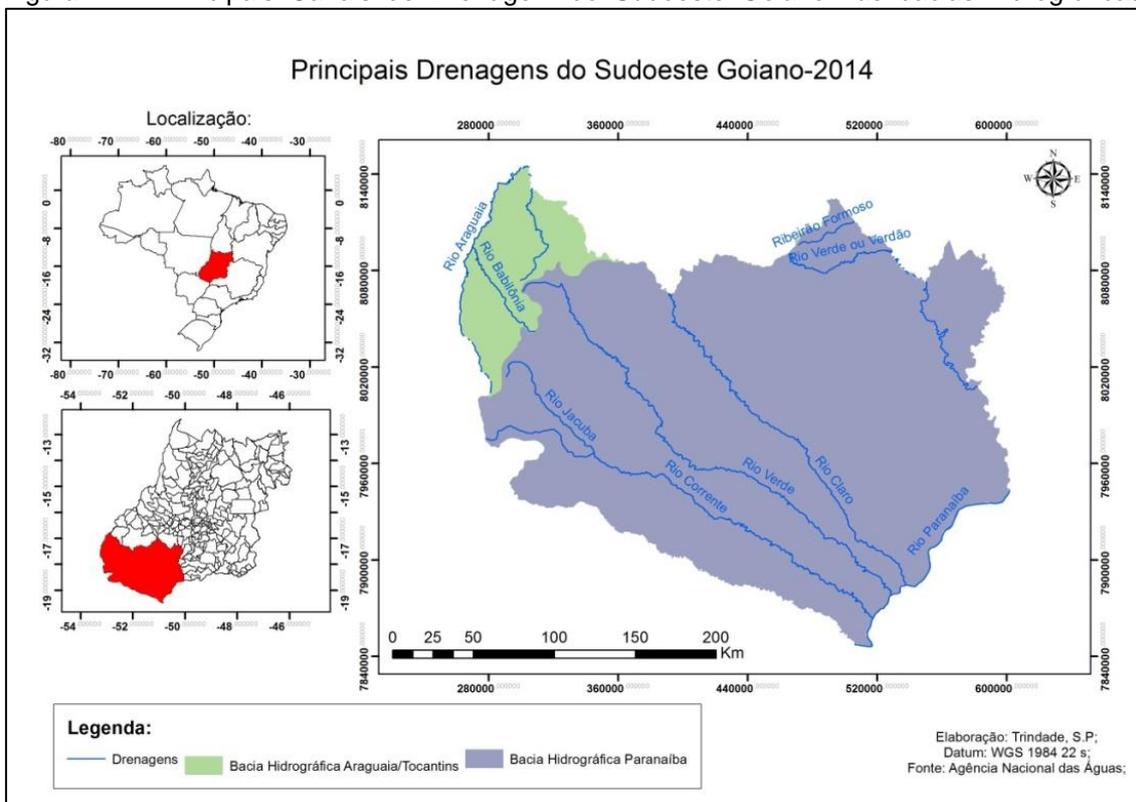
O Sudoeste Goiano faz parte de duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, a Bacia do Rio Araguaia e a do Rio Paranaíba (Figura 16), com destaque em área para a primeira e nela merecem menção o Rio Verdão, o Rio Claro, o Rio Corrente e o Rio Paranaíba. Na Bacia do Rio Araguaia, que se situa mais a noroeste da região, destaca-se o Rio Babilônia, o Rio Diamantino e o próprio Rio Araguaia (Figura 17).

Figura 16 - As Bacias Hidrográficas da região Sudoeste Goiano



Fonte: Agência Nacional das Águas.

Figura 17 - Principais Canais de Drenagem do Sudoeste Goiano nas bacias hidrográficas



Fonte: Agência Nacional das Águas.

É possível verificar, por meio da tabela 9, que a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba drena aproximadamente 90% da RPSG, enquanto a Bacia do Rio Araguaia ocupa aproximadamente 9% da região.

Tabela 9- Distribuição das Bacias Hidrográficas no Sudoeste Goiano

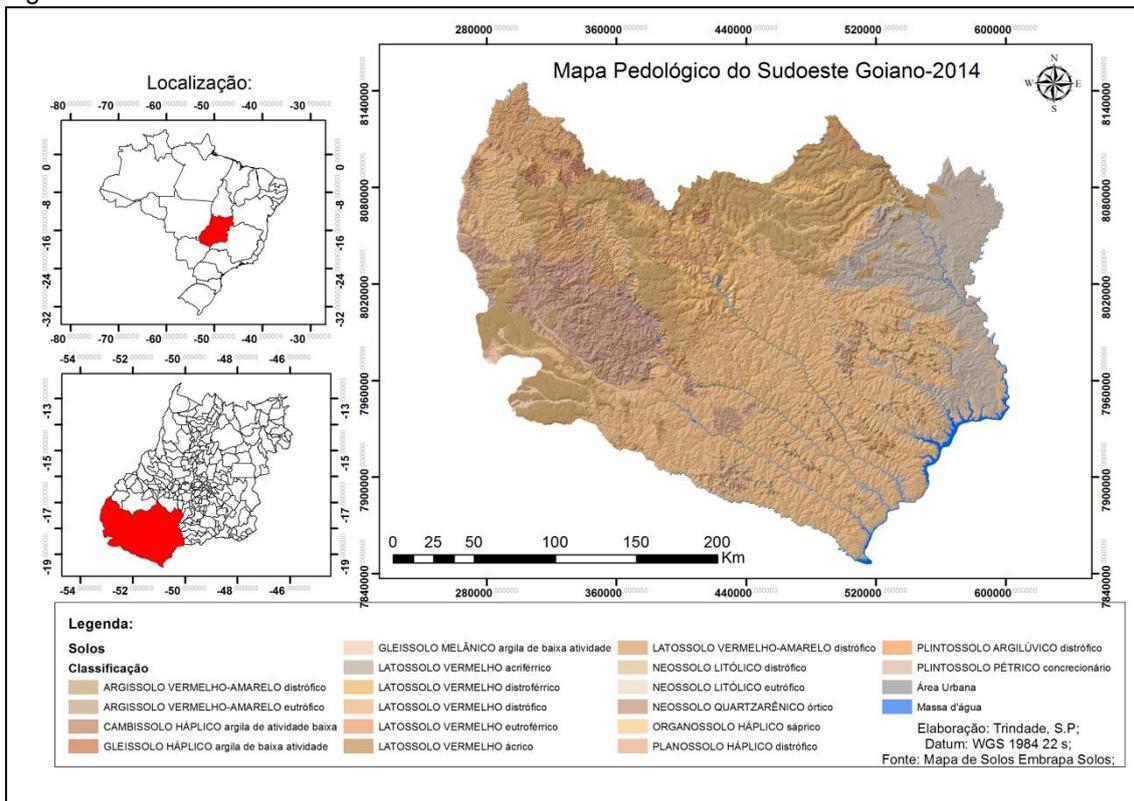
Bacia Hidrográfica	Área (hectares)	%
Bacia Hidrográfica Araguaia/Tocantins	563.030,59	9,17
Bacia Hidrográfica Paranaíba	5.579.190,71	90,83
Total	6.142.221,30	100,00

Fonte: Agência Nacional das Águas.

A presença dessas duas importantes bacias hidrográficas no Sudoeste Goiano confere um importante suporte hídrico aos sistemas produtivos agrícolas e pecuários, em especial ao da cana-de-açúcar. Apesar de manter índices pluviométricos satisfatórios garantidos pela elevada pluviosidade, o clima do Cerrado é caracterizado por um período de seca. Com a presença desses mananciais hídricos, por meio das drenagens, há na região oferta hídrica suficiente para suprir à cultura canavieira por meio da irrigação de salvamento. Portanto, a drenagem superficial desempenha um importante papel na agricultura regional, pois elas são integradas aos ambientes de produção possibilitando maior oferta hídrica.

Os solos da região (Figura 18) apresentam-se classificados no terceiro nível categórico (EMBRAPA, 2013) em sete classes: Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos e eutróficos, Gleissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos acriférrico, distroférrico, distrófico, eutroférrico e ácrico, Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos, Neossolos Litólicos distróficos e eutróficos, Neossolos Quartzarênicos órticos, Organossolos Háplicos háplicos, Planossolos háplicos distrófico e Plintossolos Argilúvicos distróficos e Plintossolos Pétricos concrecionários.

Figura 18 - Solos do Sudoeste Goiano



Fonte: Embrapa/Solos.

Os Latossolos são solos muito evoluídos, bem drenados e muito profundos. Variam de cor desde o vermelho ao amarelado, e, em geral, apresentam elevada acidez (EMBRAPA, 2013). Segundo o novo mapa de solos de Goiás (OLIVEIRA, 2014), embora elaborado na escala 1: 1.000.000, pode-se constatar que no Sudoeste Goiano ocorrem: Latossolo Vermelho ártico, Latossolo Vermelho acriférrico, Latossolo Vermelho distroférrico, Latossolo Vermelho distrófico, e do Latossolo Vermelho eutrófico, além do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Estes solos possuem fertilidade que varia de baixa à alta, altos teores de ferro e alumínio, inclusive alta toxidez por alumínio. Todavia, sua correção e adubação os tornam produtivos e o fato dos Latossolos ocorrerem em topos de chapadas e de relevos tabulares, ou seja, superfícies de erosão em regiões equatoriais, tropicais e subtropicais, que os torna aptos à motomecanização.

Os Argissolos se caracterizam por serem Vermelhos, Vermelhos-Amarelos ou Amarelos. A sua maioria apresentam grande concentração de argila no horizonte B, profundidade variável e textura que varia de média (no horizonte Bt) a muito arenosa (no E) (EMBRAPA, 2013). Segundo o mesmo mapa de solos de Goiás (OLIVEIRA, 2013), no Sudoeste Goiano encontra-se o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (baixa fertilidade) e o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (alta fertilidade). Eles

apresentam problemas quanto à suscetibilidade erosiva, devido presença de horizonte superficial arenoso e ocorrem em superfícies mais movimentadas, com maiores níveis de dissecação, apresentado relevos mais declivosos e menos suaves, o que favorece os processos erosivos, sobretudo se mal manejados.

Os Gleissolos são solos hidromórficos, com horizonte Glei podendo ter textura arenosa, sobre por sedimentos aluviais. Estes solos são, geralmente, associados às margens das drenagens, apresentando cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas (EMBRAPA, 2013). Mais uma vez, segundo o referido mapa de solos de Goiás (OLIVEIRA, 2014), o Sudoeste Goiano apresenta Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos localizados em vales e nascentes, com texturas variáveis, apresentado restrições de manejo devido o excesso de água. Este tipo de solo ocorre em áreas com deficiência na drenagem, sobretudo em relevos planos, geralmente em relevos de várzeas e baixadas.

Os Neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou orgânico em suas camadas superficiais, podendo estar associados a declives acentuados (Litólicos), sedimentos aluviais (Flúvicos) ou substratos arenosos espessos (Quartzarênicos) (EMBRAPA, 2013). Na região ocorrem os Neossolos Litólicos distróficos, os Neossolos Litólicos eutróficos e os Neossolos Quartzarênicos órticos, de acordo com o já citado mapa de solos de Goiás. Estes solos possuem variados ambientes de formação. Eles podem ocorrer em regiões muito movimentadas, como os Neossolos Litólicos, até em regiões planas, como os Neossolos Quartzarênicos, estes geralmente associam-se a substrato composto por arenitos.

Os Organossolos são solos constituídos por espesso horizonte com matéria orgânica e apresentam coloração preta ou cinza muito escura. São solos com elevada acidez, alta capacidade de troca de cátions (CTC) e baixa V% (EMBRAPA, 2013). São encontrados em áreas de várzea, sendo mal drenados. Na área estudada foram registrados por meio do levantamento pedológico da Embrapa os Organossolos Háplicos, que apresentam grandes restrições quanto ao seu uso devido aos problemas de drenagem e acidez.

Os Planossolos formam-se em áreas mal drenadas tendo também características hidromórficas. Possuem horizonte superficial eluvial com os horizontes subsuperficiais contendo argila dispersa (EMBRAPA, 2013). No Sudoeste Goiano ocorrem os Planossolos Háplicos distróficos pouco férteis e suscetíveis à erosão. Assim como os Gleissolos, os Planossolos têm o seu ambiente de formação em áreas planas e mal drenadas, podendo ocorrer em altitudes elevadas, em setores restritos do relevo.

Os Plintossolos são solos formados pela exposição temporária à saturação da água freática. São solos mal drenados, ácidos, com horizonte concrecionário (plintita), formados em relevos planos ou suavemente ondulados normalmente em planícies aluviais ou entorno de veredas ou de depressões (EMBRAPA, 2013). No Sudoeste Goiano os Plintossolos são classificados como Plintossolos Argilúvicos distróficos, com horizonte B de acúmulo de argila, e Plintossolos Pétricos concrecionários, com horizonte ou camada concrecionária fortemente cimentada e endurecida. Ocorrem em áreas com efeito sazonal de umidade condicionando oscilações de profundidade do nível freático, sendo imperfeitamente ou mal drenados, ocupando terrenos de várzea planos a levemente ondulados.

A tabela 10 mostra a distribuição dos solos no Sudoeste Goiano. É importante evidenciar o predomínio do Latossolo Vermelho, seguido pelo Neossolo Quartzarênico e pelo Latossolo Vermelho-Amarelo que, juntos, recobrem cerca de 75% da RPSG. Tais solos apresentam, em sua maioria, elevados níveis de aptidão agrícola, como é o caso dos Latossolos localizados em áreas de relevo aplainado de baixa declividade. As demais classes apresentam aptidões de média à baixa, podendo estar associadas a outros tipos de usos, como pastagens e preservação ambiental.

As características naturais da RPSG, associadas aos fatores logísticos e à dinâmica da população favorecem as condições produtivas agropecuárias e formação de complexos agroindustriais associados às diferentes cadeias produtivas (grãos, carne, cana-de-açúcar).

Tabela 10- Solos do Sudoeste Goiano-2009

Classes de Solos	Área	%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico	22093,26	0,37
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico	6104,50	0,10
CAMBISSOLO HÁPLICO argila de atividade baixa	78063,53	1,30
GLEISSOLO HÁPLICO argila de baixa atividade	15026,64	0,25
GLEISSOLO MELÂNICO argila de baixa atividade	27921,24	0,46
LATOSSOLO VERMELHO ácrico	1104319,07	18,34
LATOSSOLO VERMELHO acriférico	782332,42	12,99
LATOSSOLO VERMELHO distroférico	415567,80	6,90
LATOSSOLO VERMELHO distrófico	2305088,08	38,28
LATOSSOLO VERMELHO eutroférico	9398,43	0,16
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico	504209,42	8,37
NEOSSOLO LITÓLICO distrófico	147829,95	2,46
NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico	8973,43	0,15
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico	566645,57	9,41
ORGANOSSOLO HÁPLICO sáprico	13189,64	0,22
PLANOSSOLO HÁPLICO distrófico	2974,35	0,05
PLINTOSSOLO ARGILÚVICO distrófico	8813,40	0,15
PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário	2390,74	0,04
Total	6020941,46	100

Fonte: Embrapa Solos

Os Latossolos somam quase 78% da área total, com destaque para o Latossolo Vermelho distrófico e secundariamente os Neossolos Quartzarênicos órticos somam pouco menos de 10%. A produção sucroalcooleira vem ganhando destaque nos ambientes de produção favoráveis com potenciais de produção bastante satisfatórios, os quais são ainda favorecidos pela logística, que interferem no escoamento da produção e nos mercados consumidores.

A predominância de Latossolos, principalmente os Vermelhos, atribui um grande potencial agrícola regional devido às facilidades de uso e manejo intensivos. As atividades agrícolas desenvolvidas nesses solos alcançam um considerável nível produtivo que, associado às condições topográficas do relevo e ao clima, juntamente ligado aos fatores hídricos regionais, lhe conferem grande importância na agricultura modernizada. Essas condições edáficas favorecem importante condição produtiva para a cana-de-açúcar, sendo um dos fatores da sua atratividade para a região.

O Sudoeste Goiano desenvolveu uma agricultura modernizada devido à ocorrência dos fatores edafoclimáticos favoráveis, potencializados pelos incentivos de políticas públicas viabilizando a produção agrícola do Cerrado e sua incorporação ao mercado nacional e internacional. O avanço dos complexos agroindustriais, na região, deu-se por meio de uma relação econômica, política e natural, consolidando a região

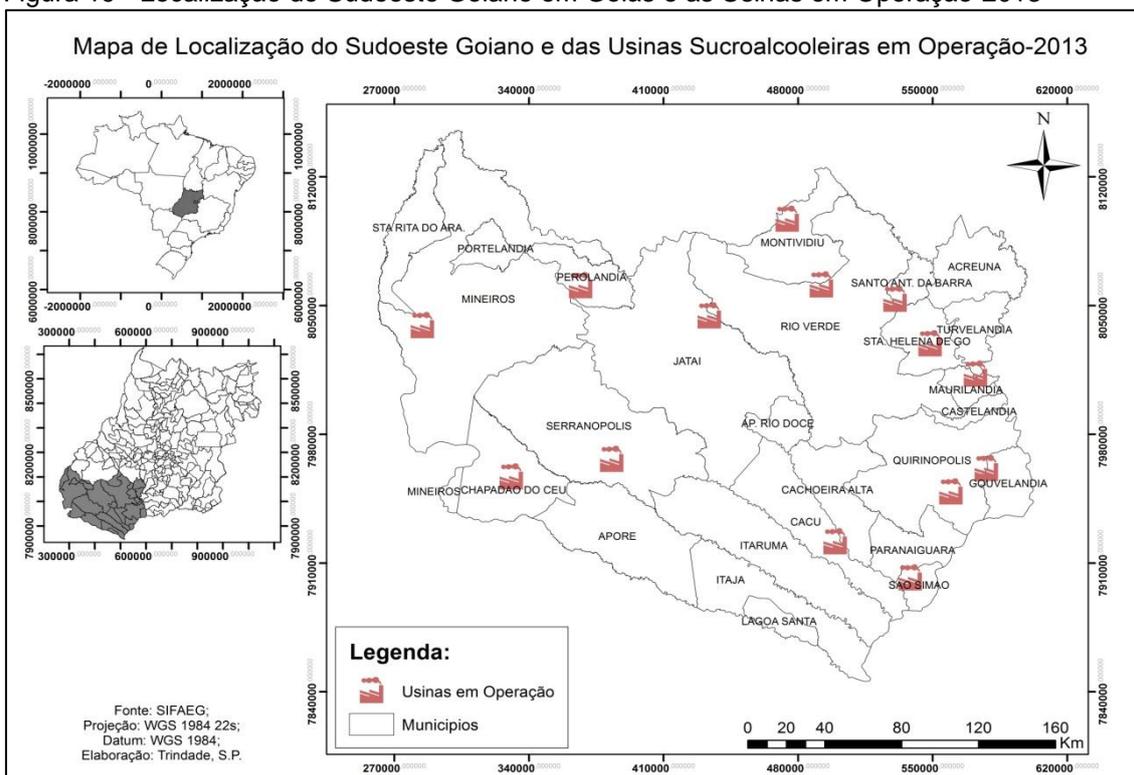
como uma das principais áreas agrícolas do país. Neste cenário de modernização agrícola, insere-se o setor canavieiro que aproveita das mesmas condições naturais favoráveis às atividades de produção agrícola e dos incentivos econômicos e políticos para ampliação da produção sucroalcooleira nacional. Assim, o Sudoeste Goiano vem recebendo novos projetos tornando-se referência na produção de etanol e açúcar em Goiás.

3.2 Área de Estudo

3.2.1 Localização e Histórico da Ocupação

A Região de Planejamento do Sudoeste Goiano é definida pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás doravante indicada pela sigla RPSG. Ela ocupa aproximadamente 18% do território estadual (61.498,463 Km²) e abriga 26 municípios: Acreúna, Mineiros, Aparecida do Rio Doce, Montividiu, Aporé, Paranaiguara, Cachoeira Alta, Perolândia, Caçu, Portelândia, Castelândia, Quirinópolis, Chapadão do Céu, Rio Verde, Gouvelândia, Santa Helena de Goiás, Itajá, Santa Rita do Araguaia, Itarumã, Santo Antônio da Barra, Jataí, São Simão, Lagoa Santa, Serranópolis, Maurilândia e Turvelândia (Figura 19). Destes, se destacam quanto à área e à situação socioeconômica de destaque, os municípios de Quirinópolis, Jataí, Rio Verde e Mineiros.

Figura 19 - Localização do Sudoeste Goiano em Goiás e as Usinas em Operação-2013



Organização: Autor.

A RPSG reflete o contexto geral da evolução agrícola no Cerrado Goiano, pois a região apresenta uma intensa ocupação que se iniciou a partir da pecuária e da agricultura não capitalista, passando para um modelo agroexportador que é predominante até os dias atuais, e já capitalista. Esta transição alterou consideravelmente o espaço agrário regional, trazendo novos modelos de agricultura que transformaram as relações sociais, econômicas e ambientais da produção no campo. Este novo padrão ficou marcado pela dinâmica que caracterizou a agricultura regional como uma extensão da Região Sudeste do Brasil, sobre a influência de São Paulo e Minas Gerais.

Segundo Borges (2013), o processo de ocupação da região Sudoeste de Goiás inicialmente ocorreu de forma mais lenta em relação ao restante do estado. A região foi marcada, a partir de 1838, pela forte migração de mineiros e paulistas que fugiam dos altos impostos e do elevado valor das terras agricultáveis nos seus respectivos estados. Com isto, esses imigrantes desenvolveram as suas primeiras atividades econômicas como pecuária extensiva, com bases rudimentares, e agricultura de subsistência. Segundo Estevam (1997), a região Sudoeste recebeu grande influência do Triângulo Mineiro em suas primeiras ocupações no final do Século XIX, devido a vários fatores, como o uso do mesmo rio, culturas semelhantes, mesmas origens e compartilhavam dos mesmos costumes. Além das semelhanças socioculturais, a

relação entre mineiros e goianos vai além por meio do financiamento da produção agrícola. Assim, a Região Sudoeste de Goiás estava voltada para a produção agropastoril, mas apenas uma pequena parcela das fazendas exercia a produção agrícola, pois que a maior concentração produtiva era baseada nas pastagens extensivas com a produção de, aproximadamente, uma a três rezes por hectare, produção esta financiada com recursos mineiros, por meio de empréstimos.

Com o desenvolvimento dessas primeiras práticas agropecuárias, surgiu uma proximidade financeira no bojo da integração dos mercados de Goiás, Minas e São Paulo. Para Borges (2013), a pecuária extensiva desenvolvida no Sudoeste Goiano, era comercializada nestas regiões, enquanto que a agricultura nela praticada era destinada apenas para o abastecimento local, havendo baixos níveis de excedentes. Tal situação permaneceu até a década de 1960, quando a criação de Brasília e a modernização da agricultura chegam.

Foi então que o modelo de produção agrícola no Sudoeste Goiano passou por grandes alterações, saindo de uma produção não capitalista para uma estrutura baseada nas agroindústrias produtivas que estruturaram-se com bases nos princípios da Revolução Verde, passando a ser difundida na região do Cerrado como um todo. De modo geral, a modernização da agricultura traduz essa mudança, pois ocorreu via expansão da fronteira agrícola, onde houve a integração entre capital privado e ações governamentais (TEIXEIRA NETO, 2002). Essa intercalação entre capital e estado proporcionou a criação de condições para a estruturação de um mercado produtivo por meio do fortalecimento da indústria de máquinas agrícolas, indústria agroquímica, de insumos e do financiamento de terras e da produção.

Este modelo de produção que predominou até a metade do Século XX, mas no final da década de 1950 revela que os extensos latifúndios de criação de gado eram divididos com a crescente produção de grãos, principalmente de arroz que se tornou o principal produto agrícola da região (BORGES, 2013). Esta transição da pecuária para a produção agrícola, especialmente a produção de alimentos, baseou-se principalmente em dois fatores, o primeiro foi o aumento da demanda de produtos agrícolas decorrente do crescimento urbano e de um processo de industrialização e, o segundo, devido à construção de ferrovias e rodovias em Goiás, que deram maior dinamismo para o escoamento desta produção, integrando-o ao restante do País.

A partir desta transição da pecuária para a agricultura, o Sudoeste Goiano passou por novas mudanças, devido sua crescente integração à economia nacional. Este processo foi marcado por grandes investimentos governamentais e privados que ampliaram a produção de grãos na região. Esta transição trouxe a modernização da agricultura aderindo à modalidade de agricultura empresarial capitalista (BORGES,

2013). Este processo de modernização da agricultura deve ser compreendido de forma ampla. Uma interessante definição deste processo foi trabalhado pelo mesmo autor, Borges (2013). Para este, a transição de uma agricultura baseada em métodos rudimentares de produção cedeu lugar a um processo de alteração na base técnica que transformou a dinâmica socioespacial da região, via economia.

A modernização da agricultura resulta do uso de tecnologias agrícolas, como as do uso e manejo do solo, através de corretivos e adubos; a introdução de novas sementes e mudas, o uso de defensivos, as mudanças nas técnicas da bovinocultura (como melhoramento genético, vacinações e outras), o emprego de novas tecnologias no campo como máquinas e ferramentas agrícolas (tratores, aviões, agricultura de precisão, etc). A modernização agrícola baseia-se em um modelo de produção voltado para o mercado internacional, alterando as relações indústria/agricultura e promovendo, também e conseqüentemente, mudanças sociais como nas relações de trabalho, renda, formação de empresariado, oligarquias, resultando na expulsão dos pequenos produtores, promovendo novas alianças urbano-rurais e trazendo ainda alterações espaciais como a concentração fundiária, o crescimento urbano, amplamente voltado para as atividades do campo, construindo as novas paisagens agrícolas, trazendo a instalação crescente de agroindústrias e a instalação e ampliação da infraestrutura, dentre outras.

A modernização da agricultura chegou ao Sul Goiano, e logo rapidamente ao Sudoeste Goiano, onde estavam (e ainda estão) as melhores terras, climas e relevos do Estado, baseada no binômio grãos x carne, que alterou forte e definitivamente o cenário rural por meio de novas relações produtivas regionais. Este processo estabeleceu uma produção caracterizada pela inserção ao mercado de *commodities* agrícolas que transformou a estrutura agrária e econômica da RPSG, tornando-a progressivamente um dos *locus* do modelo agroexportador brasileiro, hoje do chamado agronegócio brasileiro. A modernização da agricultura do Sudoeste Goiano iniciou-se no final da década 1970 e início da década de 1980, marcado principalmente pelo aumento da produção grãos. Neste período, surgiram os primeiros agricultores profissionais, na sua maioria, migrantes vindos de São Paulo e do Rio Grande do Sul. Este modelo agroexportador, que hoje é destaque na economia estadual, nacional e mesmo internacional, é o resultado final de uma evolução produtiva materializada por transições econômicas, sociais e ambientais em uma perspectiva histórica.

Houve grande participação governamental no desenvolvimento desse novo modelo agrícola. O Sudoeste Goiano foi uma das doze regiões do estado de Goiás contemplada pelo Programa de Desenvolvimento dos Cerrados, o POLOCENTRO,

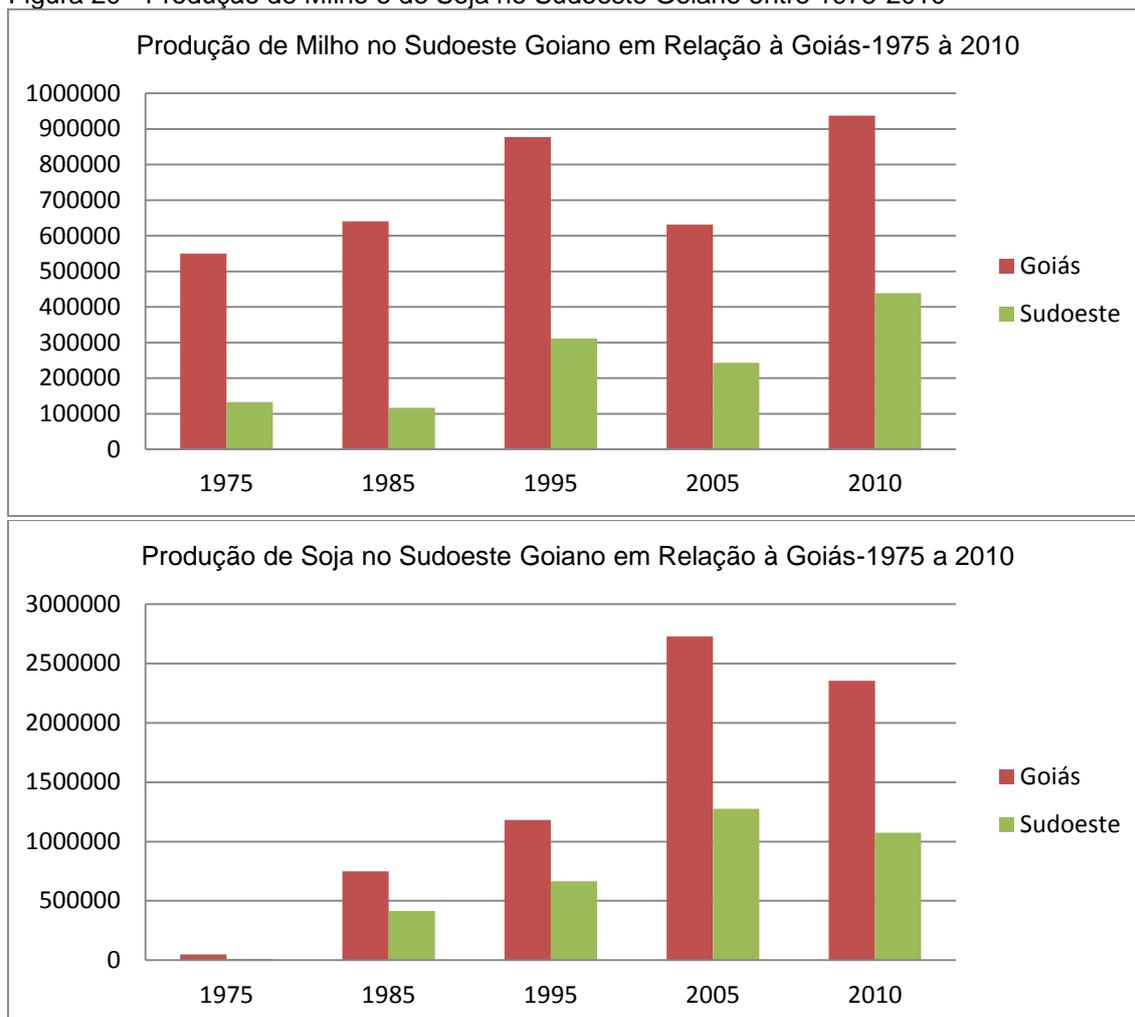
integrante do Plano Nacional de Desenvolvimento-II (PND II), vigente de 1975 a 1979, cujos desdobramentos se prolongaram pelas décadas de 1980 e em alguns casos, até mesmo 1990, transformando a agricultura regional baseada num modelo de baixo nível tecnológico para uma sofisticada cadeia produtiva.

O PND-II teve como uma de suas características o estabelecimento de metas quanto ao crescimento (e “interiorização do desenvolvimento”) a qualquer custo. Este crescimento supriria o objetivo de autoabastecimento de todas as mercadorias, devido aos problemas criados durante a crise do petróleo do início dos anos 70. Todavia, a grande meta a ser alcançada pelo programa foi o de incentivar a agroindústria de exportação, expandindo os complexos agroindustriais, os quais tiveram impulsos decisivos, principalmente nas áreas de cana-de-açúcar, soja, carnes e outros (BELIK, 1992).

Com a modernização da agricultura, o Sudoeste Goiano recebe diretamente seus grandes efeitos por meio da grande expansão das atividades agrícolas, substituindo fitofisionomias do Cerrado e intensificando o perfil de uma agricultura mecanizada de caráter agroindustrial e comercial. Os reflexos desta modernização podem ser observados por meio do comportamento na produção de soja e milho, ilustrando por meio da figura 20, no intervalo de 1975 a 2010, onde se pode perceber o papel da RPSG.

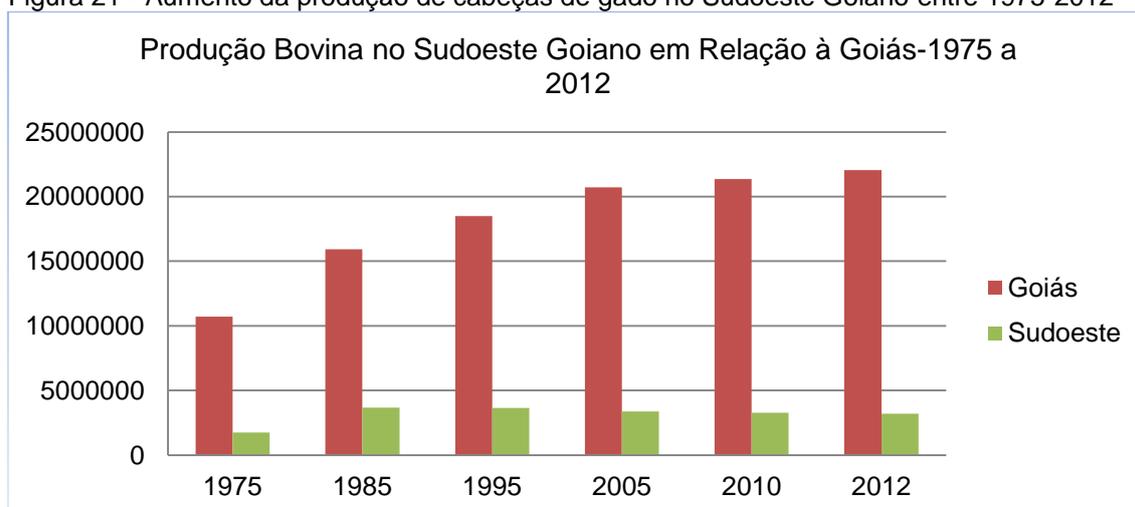
Esta produção de milho e de soja, descrita na região, mostra a consolidação da expansão agrícola em sua economia. Além destes, outros gêneros agrícolas foram se destacando diante das condições naturais de uso das terras, mas que reafirmam a importância da agricultura comercial para a região. Da mesma forma, os efeitos da Revolução Verde podem ser observados também com as pastagens. Diante da importância econômica conquistada pela agricultura, a criação de gado, era uma atividade de menor a qual se manteve assim em níveis bem semelhantes desde 1975 até os dias atuais (Figura 21).

Figura 20 - Produção de Milho e de Soja no Sudoeste Goiano entre 1975-2010



Fonte: IPEA-Data/IBGE, 2014.

Figura 21 - Aumento da produção de cabeças de gado no Sudoeste Goiano entre 1975-2012



Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal IBGE, 2014.

Por meio da figura 21 é possível verificar que o Sudoeste Goiano apresenta estabilidade na criação bovina em relação ao restante do Estado. Enquanto há um crescente aumento da criação de gado no Estado, o Sudoeste mostra potencial voltado para práticas agrícolas. A dinâmica da expansão da produção agrícola na região para Borges (2013) é um processo que ocorreu paulatinamente e de forma ordenada, não generalizada. Para o autor, nessa dinâmica agrícola, é possível distinguir três distintos níveis de modernização dos estabelecimentos agrícolas na região: os de baixo nível de modernização, os de médio nível de modernização e os de alto nível de modernização.

Este processo pode ser explicado pelo modelo explicitado anteriormente por Miziara (2000), em relação à Fronteira Agrícola. A modernização da agricultura mostra as intensões de investimentos em diferentes aspectos, principalmente em relação à Renda Diferencial da Terra I e a Renda Diferencial da Terra II. Desta forma, há a transferência de atividades para as áreas que requerem menos investimentos de produção fazendo que haja diferentes níveis de modernização dos quais irão variar em relação aos fatores naturais e de infraestrutura que irão viabilizar determinados investimentos.

Gonçalves (2008) adverte que a modernização do processo agrícola cria diferentes estágios de desenvolvimento, sendo que quanto mais elevados os seus níveis, o processo agrícola se abre aos caminhos da industrialização. O mais alto nível hierárquico da modernização encontra-se nos complexos agroindustriais diante de uma agricultura inteiramente modernizada e industrializada.

Segundo Belik (1992), os complexos agroindustriais no Brasil surgiram a partir da internalização da produção de máquinas e insumos agrícolas, a partir da década de 1960. Eles são constituídos de sistemas dinâmicos, onde a expansão é interligada ao mercado de bens de produção constituindo um setor agrícola centralizado, que ocorre através da construção de elementos endógenos de acumulação de capital. Os complexos agroindustriais surgem para completar a cadeia produtiva agrícola por meio da indústria processadora e de matéria-prima, cujo objetivo é absorver a produção das agroindústrias, das quais demandam de uma indústria processadora com bases moderna.

No Sudoeste Goiano, o processo de industrialização do setor agrário levou ao desenvolvimento dos complexos agroindustriais (CAIs), principalmente já a partir da década de 1970, com a chegada da modernização agrícola. A formação destes complexos induziu modificações socioespaciais e socioeconômicas comandadas pelo setor agrícola e que resultaram em ambientes de produção especializados. Essa industrialização do campo originou uma indústria agrícola (agroindústria) criando uma

cadeia ou um ciclo produtivo com uma dinâmica estruturada da seguinte forma: a montante a indústria agrícola e à jusante a agricultura e agroindústria (GONÇALVES, 2008).

Tais complexos agroindustriais se somam e dão acabamento ao pacote tecnológico da Revolução Verde, cujo desenvolvimento ocorreu sobre bases da mecanização, da quimificação³ e com forte participação do estado, como a fase dinâmica do desenvolvimento industrial rural. Os CAIs são responsáveis pela produção e transformação de produtos agropecuários e florestais através da produção, beneficiamento e a transformação de bens de capital e de insumos. Eles se dirigem à produção, à distribuição e ao fornecimento agrícola através de distintas etapas que intervêm na elaboração de um bem de produção capitalista. Assim, eles se fixaram no Sudoeste do estado de Goiás, materializando-se em municípios polos⁴ (também entendidos como *centralidades*), que concentram grande parte da produção de soja, algodão, arroz, milho, carnes bovina, suína e de frango e da cana-de-açúcar do Estado.

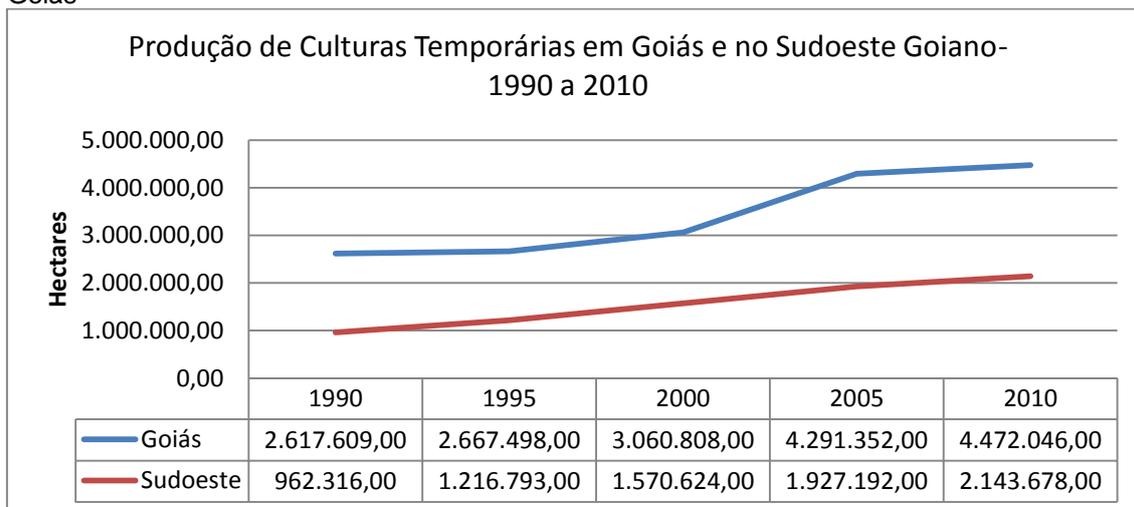
Na centralidade da produção agrícola do Sudoeste Goiano encontram-se as práticas do modo capitalista de produção. Para Oliveira e Thomaz Júnior (2000) esse sistema produtivo está inserido dentro de um intenso dinamismo que busca novas formas de organização, frente esta liderada pela cana-de-açúcar. O setor sucroalcooleiro apresenta características de se sobressair mediante as novas estratégias por meio de inovações tecnológicas, apresentação restaurações produtivas e organizacionais que ampliam as vantagens do setor quanto a sua eficiência.

Em meio a esta relação de especialização dos CAIs, historicamente a RPSG se destacou e ainda destaca em três grandes complexos de atuação: o de grãos, o de carne e o sucroalcooleiro. No contexto da modernização agrícola, embora com modificações ao longo de sua trajetória como a formação das *joint venture*, fusões e outras. A figura 22 mostra a evolução das culturas temporárias em Goiás e na RPSG, de modo a perceber a importância desta. Elas estão associadas às agroindústrias das quais se inserem na cadeia produtiva dos CAIs.

³ Uso agrícola de corretivos, fertilizantes, adubos e agrotóxicos.

⁴ Rio Verde, Jataí, Quirinópolis e Mineiros.

Figura 22 - Aumento da produção de culturas temporárias no Sudoeste Goiano em relação à Goiás



Fonte: IPEA-Data/IBGE.

Por meio dos dados apresentados do IPEA-Data/IBGE, fica evidente a importância do agronegócio em termos regionais, onde, no período analisado, a produção agrícola participou de forma efetiva na economia do Estado, mantendo os níveis de produção acima de 40% da produção total de Goiás (anos de 1995, 2000, 2005 e 2010).

Em síntese, a modernização agrícola no Sudoeste Goiano pode ser dividida em duas fases. A primeira caracterizou-se pelo avanço dos processos não capitalistas, focados na criação de gado e em práticas agrícolas isoladas, de consumo local. A segunda fase inseriu-se no processo de modernização da agricultura e no papel do governo federal nas transformações agrícolas ocorridas na década de 1970, onde se destaca a implantação da produção de culturas anuais, principalmente da soja, com a criação e consolidação dos complexos agroindustriais de grãos, carne e dos biocombustíveis do setor sucroalcooleiro (ainda associado ao PROÁLCOOL).

Dado o principal enfoque desta tese recair no setor sucroalcooleiro, é dada especial atenção a ele neste item, como a seguir.

3.3 A cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano

A produção da cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano iniciou em 1942, voltada para a produção de açúcar, rapadura e cachaça, permanecendo inexpressiva por longo tempo, até a década de 1970, quando se deu a instalação de novas usinas no Estado e na região, durante o período de vigência do PROÁLCOOL. Durante as duas décadas seguintes, nenhum novo empreendimento significativo foi instalado. Goiás e o

Sudoeste Goiano permaneceram relativamente marginalizados do setor, sobretudo em função da distância dos grandes centros consumidores e a carência de infraestrutura de escoamento (CASTRO et al., 2010).

Contudo, a partir do ano de 2005- 2006, a RPSG retoma o crescimento do setor e se consolida na mais importante região sucroalcooleira do Estado, estimulada por iniciativa do próprio setor e favorecida pelo Plano Nacional de Agroenergia (PNA, 2006) e o ZAE-Cana (MACEDO, 2009). O aumento da área de produção canavieira é notável e acompanhado pelo surgimento de novas destilarias que, modernas, acompanharam as novas demandas de mercado, trazendo consigo as relações produtivas derivadas dos complexos agroindustriais. Desta feita estão fortemente voltadas à produção de biocombustíveis, especialmente o etanol, e utilizam práticas modernas, menos poluentes que as antigas usinas, até como consequência da instrução normativa estadual 01/2007, regulatória para uso de recursos hídricos, disposição de rejeitos e emissões (SEMARH, 2007).

Conforme já salientado, a primeira usina da região foi inaugurada em 1946, logo antes do PROÁLCOOL, nos primórdios da modernização da agricultura. No final da década de 1980, já no período do PRÓALCOOL, a RPSG contava com três unidades produtivas. Depois disso, com os investimentos na expansão sucroalcooleira somente após 2003, passou a dez usinas em operação (Quadro 4).

Quadro 4-Relação das usinas com operação e seus municípios sedes. 1946-2013

Razão Social	Nome Fantasia	Município	Ano
Usina Santa Helena De Açúcar E Álcool S/A	Santa Helena	Santa Helena de Goiás	1946
Vale Do Verdão S/A Açúcar E Álcool	Vale Do Verdão	Tuverlândia	1982
Destilaria Catanduva Ltda	Decal	Rio Verde	1986
Energética Serranópolis Ltda	Energética Serranópolis	Serranópolis	2003
S.J.C Bioenergia S/A	S.J.C Bioenergia	Quirinópolis	2005
Energética São Simão S/A	São Simão	São Simão	2006
Usina Serra Do Caiapó S/A	Serra Do Caiapó	Montividiu	2006
Usina Boa Vista S/A	Boa Vista	Quirinópolis	2008
Rio Claro Agroindustrial S.A	ETH Bioenergia	Caçú	2009
Cerradinho Bioenergia S.A	Porto Das Águas	Chapadão do Céu	2009
Floresta S.A. Açúcar E Álcool	Florestal	Santo Antônio da Barra	2009
Brenco Companhia Brasileira De Energia	Morro Vermelho	Mineiros	2010
Cosan Centroeste S.A. Açúcar e Álcool	Cosan/Jataí	Jataí	2011
Brenco - Companhia Brasileira De Energia	Perolândia/Brenco	Perolândia	2011

Fonte: Unidades produtivas de etanol em operação no Sudoeste Goiano e SIFAE G

O Complexo Agroindustrial da Cana-de-Açúcar ganhou grande destaque regional na produção basicamente de etanol e secundariamente de açúcar, havendo usinas especializadas em um ou outro e em ambos, simultânea ou alternativamente. A cadeia produtiva é constituída por dois segmentos, um a montante que engloba os sistemas de fornecimento de matérias-primas (a planta) e outra a jusante, com os produtos finais (etanol, açúcar) que são colocados no mercado consumidor nacional e internacional. Mas, estes dois segmentos são ligados pela indústria processadora que é um elo central e unificador de ambas. Além da relação à jusante, central e a montante, pode-se destacar a influência transversal do consumo de bens industrializados como máquinas e equipamentos. (KAGEYAMA, 1997)

O avanço da produção sucroalcooleira no Sudoeste Goiano ocorreu no contexto de um novo ciclo da expansão da Fronteira Agrícola (MIZIARA; FERREIRA, 2008) ou ainda por meio do que Pietrafesa e Sauer (2012) chamaram de terceira marcha para o Oeste, onde a cana-de-açúcar se caracteriza como uma cultura com grande uso de tecnologia que a submete a um padrão produtivo visando uma maior eficiência de produção e comercialização. Esta eficiência é encontrada na melhor integração agroindustrial que apresenta uma importante integração do ambiente físico com a produção, os chamados ambientes de produção, onde as práticas de agricultura de precisão são relativamente inéditas, e o envolvimento com testes de novas variedades mais adaptadas ao Cerrado Central do País, novas técnicas de lavagem pré-processamento da cana, até sem água, monitoramento em tempo real do mercado e do mercado futuro e outras.

O setor sucroalcooleiro tem se consolidado dentro do contexto da expansão da fronteira agrícola, integrando um complexo processo de evolução de uso das terras que envolve maior nível tecnológico em seu sistema produtivo. A cana-de-açúcar agrega grande uso de bens e equipamentos em todas as fases do processo produtivo, estruturando a relação da modernização agrícola e do avanço da fronteira agrícola. Essa capitalização, tecnificação e investimento, além do aproveitamento de terras antes usadas e bem manejadas, vêm sendo interpretados como a Renda Diferencial da Terra II (SILVA; MIZIARA, 2012; MIZIARA; FERREIRA, 2008).

Contudo, há que se lembrar de que o avanço da cana-de-açúcar na RPSG baseou-se na busca por novas terras com melhores aptidões agrícolas. Assim, a trajetória da cana reproduz essas novas áreas para a produção sucroalcooleira em virtude dos fatores naturais de produção, sobretudo as condições edafoclimáticas, e de infraestrutura presentes na região. Condições ambientais como declividade favorável, fertilidade edáfica, condições climáticas adequadas e suficiência em recursos hídricos foram determinantes para o sucesso da modernização da agricultura

e para a formação dos complexos agroindustriais da cana. Além destas condições naturais, fatores ligados à infraestrutura como estradas, serviços urbanos e outros também contribuíram para a consolidação do processo.

Atentos a tais características, pesquisadores da Universidade de Campinas (UNICAMP) mapearam 12 áreas com potencial agrícola do meio físico para o cultivo da cana no País, das quais duas estavam no todo e duas em parte no estado de Goiás, correspondendo a praticamente metade do território goiano (CASTRO et al., 2010). O ZAE- Cana (MANZATO et al., 2009) mapeou mais de 12 Mha com potencial do meio físico para sua produção, o que significa também quase a metade do Estado. Nesta perspectiva, Prado (2005) realizou o levantamento dos melhores ambientes de produção para cana-de-açúcar na região Centro-Oeste do Brasil. Para ele, estes ambientes são produto da integração dos atributos superficiais e subsuperficiais dos solos, como suas condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas. Destaca-se ainda a disponibilidade de água, a textura, a fertilidade e a profundidade dos solos. Além dessas, também considerou as condições climáticas, sobretudo temperatura e precipitação pluviométrica. Estes atributos estão relacionados entre si, de modo a permitirem identificar as áreas que atendem às exigências da cana planta e viabilizam a produção e produtividade consideradas ideais.

A textura e a disponibilidade de água se explicam pelo teor de argila dos solos, o qual quanto maior favorece uma maior retenção de umidade. A textura pode ser muito argilosa, argilosa, média ou arenosa para o cultivo da cana, porém quanto mais argila e não expansiva, é melhor, pois ela influi no armazenamento e disponibilidade de água para as plantas, a depender do clima (evaporação e evapotranspiração). Nas condições de fertilidade, influem através de alguns indicadores como Capacidade de Troca Catiônica, Capacidade de Retenção de Cátions e suas relações, inclusive com o teor de matéria orgânica e o manejo com adubação convencional (mineral) ou com vinhaça (orgânica). Além destes componentes, grandes quantidades de silte dificultam a infiltração das águas pluviais ou de irrigação, promovendo seu acúmulo em superfície e conseqüentemente o aumento das taxas de escoamento superficial, devido porosidade mais fina, aumentando os riscos de erosão em sulcos que são agravados em áreas mais declivosas, mesmo dentro do limite máximo de 12% estabelecido para cultura e colheita mecanizadas. Relacionada a esse fenômeno, a cana-de-açúcar promove compactação que causa grande dificuldade na penetração de raízes, pois constitui uma camada superficial endurecida que impede ou restringe o crescimento da planta (PRADO, 2005).

A fertilidade do solo é de suma importância para a produção agrícola devido ao suprimento das necessidades nutricionais das plantas. Sendo assim, a fertilidade do

solo está diretamente relacionada com os ambientes de produção de qualquer cultivo, incluindo o da cana-de-açúcar, transformando-se em uma importante variável de produção. Para tanto, Landell et al. (2003) apud Prado (2005) descrevem a fertilidade dos solos como uma das condicionantes mais significativas para uma satisfatória produção canavieira. Estes autores caracterizam as condições ideais de produção em níveis decrescentes, baseando-se na seguinte ordem: eutrófico, mesotrófico, distrófico e ácrico.

Segundo Prado (2011), os solos eutróficos possuem a soma de bases (S) maior ou igual a 1,5 cmol.kg⁻¹ e o valor de saturação (V%) por bases maior do que 50% (eutrofismo). Os solos eutróficos possuem uma condição química com elevado concentração nutricional abaixo da camada arável, caracterizando-os como solos de grande produtividade. Os mesotróficos são solos que se encontram numa condição intermediárias entre os eutróficos e os distróficos abaixo da camada arável. Estes solos caracterizam-se com S entre 1,2 a 1,5 cmol.kg⁻¹ e V% entre 30-50%. Já os solos distróficos possuem baixos valores de S e V%, respectivamente 1,2 cmol.kg⁻¹ e menor que 30%, abaixo da camada arável; embora não possuam baixo potencial nutricional não apresentam saturação por alumínio (m%), que é inferior à 50%. Por fim, os solos ácricos possuem baixo potencial nutricional abaixo da camada arável, devido aos baixos níveis de troca de cátions (CTC) e S, não apresentando saturação por alumínio. São solos com condições químicas extremamente intemperizadas e grande presença de microagregados de argila. São solos que, quando cultivados com plantas de ciclos curtos, tais como soja, milho, algodão, etc, registram grandes níveis de produtividade, principalmente os Latossolos Ácricos.

A profundidade da camada arável do solo é bastante variada, podendo ser muito profundo (200 cm), profundo (>100 cm e ≤ a 200 cm), pouco profundo (>50 cm e ≤ a 100 cm e raso (≤ a 50 cm) (IBGE, 2007). A demanda para a produção da cana-de-açúcar é de pelo menos 80 cm de profundidade efetiva do solo, para um bom desenvolvimento radicular. As profundidades ideais são, portanto, a dos solos muito profundos (Latosolos e Neossolos Quartzarênicos), dos profundos (em uma maior parte os Nitossolos) e dos moderadamente profundos (Cambissolos). Os solos rasos e muito rasos possuem profundidade efetiva limitante para enraizamentos e retenção do volume ideal de água para as plantas e de fixação das raízes.

Desta forma, o mapa de solos (ou seu levantamento detalhado quando não houver um) é de extrema valia para delimitar os ambientes de produção e indicar os mais favoráveis. O Sudoeste Goiano reúne os principais componentes estabelecidos por Prado (2005), água, textura, fertilidade e profundidade, para a produção canavieira, como se verá a seguir. Estas condições do meio físico, somadas às

características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hídricas fizeram com que a região se tornasse num espaço de grande potencial para a produção canavieira, garantindo-o como um dos principais cenários de expansão da cana no Brasil e justificando o segundo lugar do estado de Goiás na produção no País.

Além das condições naturais, os fatores políticos e econômicos também influenciaram a expansão canavieira no Sudoeste Goiano. Essa produção que surgira no período do PROÁLCOOL ganhou nova expansão a partir da década de 2000, majoritariamente sobre áreas de produção agrícola consolidada, aproveitando o potencial produtivo desses solos, e, em menor proporção, sobre áreas de pastagens e vegetação natural, sendo grande responsável pelas mudanças de usos dos solos afetando os recursos naturais e econômicos da região.

Conclusões

1. A análise dos dados físicos da Região de Planejamento do Sudoeste Goiano permitiram constatar o potencial produtivo para a produção agrícola, principalmente para a cana-de-açúcar, sobretudo devido condições edafoclimáticas favoráveis, apesar de pequena área com solos frágeis;
2. A distribuição geológica mostrou o predomínio de arenitos e basaltos, que juntos somam quase 52% da área total e deram origem aos Latossolos, que variam de médio a grande potencial agrícola;
3. O relevo retratou predominância das Superfícies Regionais de Aplainamento, constituindo extensos planaltos de baixa declividade, que possibilitam a formação de solos profundos como os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos e neles a intensificação do processo de motomecanização da agricultura.
4. A presença marcante de duas importantes bacias hidrográficas, do Rio Paranaíba e do Rio Araguaia, indica disponibilidade hídrica para atender à demanda das atividades agroeconômicas da região, sobretudo a agricultura intensiva e pastagens;
5. A distribuição de solos mostrou predomínio de Latossolos Vermelhos distróficos e distroféricos, que apesar de serem solos ácidos, por vezes com toxidez por alumínio e de baixa oferta de nutrientes, são facilmente corrigidos com calagem e adubação, potencializando o seu uso agrícola;
6. O Sudoeste Goiano tornou-se representativo da implantação e consolidação do processo de modernização da agricultura no Cerrado através das políticas públicas que, contribuíram, induzindo uma grande conversão de terras ao uso agrícola, com

predomínio de culturas de grãos (soja e milho) e mais recentemente de cana-de-açúcar, embora predominem as pastagens;

7. No Sudoeste Goiano a expansão da Fronteira Agrícola projetou-se rumo a oeste e com a Modernização da Agricultura favoreceu a instalação da infraestrutura e da logística, aproveitadas pela cana-de-açúcar;

8. A cana-de-açúcar reafirma o Sudoeste Goiano como produtor agrícola, em acordo com modelo agroexportador concentrador de terras e assentado nas melhores terras, mas sinaliza com avanço para o oeste da região, onde há solos frágeis (arenosos);

9. Favorecida pelas condições naturais, sobretudo relacionados com os fatores dos ambientes de produção da cana-de-açúcar a região sofreu mudanças de uso desde 2005, impulsionadas pela implantação de novas usinas sucroalcooleiras e aquisição de terras ao seu redor, que orientaram a expansão da área agrícola mais distante, como fornecedora de cana, e a formação dos grandes complexos agroindustriais. Das três primeiras usinas do período do PROÁLCOOL, passaram a uma dezena em menos de 10 anos.

10. As mudanças de uso do solo não significaram mudanças do modelo econômico adotado pelo País pelo menos desde a década de 1960.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 21 de Jul. de 2013.

BARRETO, C.A. RIBEIRO, H. Agricultura e Meio Ambiente em Rio Verde (GO). **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v.3, n.1, Artigo 5, jan./ abril. 2008.

BELIK, W. **Agroindústria Processadora e a Política Econômica**. 1992. 219 f. Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas. 1992.

BORGES, R, E. Modernização, agroindústrias e transformação do espaço no Sudoeste de Goiás: da criação de gado aos complexos agroindustriais de soja e de carnes. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 7, n. 2, p.139-163, ago. 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Disponível em: <<http://geoportal.cnpms.embrapa.br/>> Acesso em 02 de jul. de 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. SANTOS, A.D. (Org.). 2015. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Informação Agropecuária. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em 11 de jan. de 2015.

ESTEVAM, L.A. **O Tempo da Transformação Estrutura e Dinâmica na Formação Econômica de Goiás**. 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas. 1997.

FERREIRA JÚNIOR, L.G. **Encruzilhada Sócioambiental: biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: UFG, 2008. capítulo 4, p. 107-126.

GONÇALVES, C. **As Políticas Públicas, a Modernização dos Cerrados e o Complexo da Soja no Sul Goiano: 1970 – 2005**. 2008. 245 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. 2008.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?z=t&o=24&i=P>> Acesso em: 18 nov. 2014.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso das Terras**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências).

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 19 de set. de 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. Normais Climatológicas para o Brasil 1961 a 1990. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> . Acesso em: 20 de set. de 2014.

KAGEYAMA, et. al; O Nova Padrão Agrícola Brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G.C; GASQUES, J.G; VILLA VERDE, C.M. **Agricultura e Políticas Públicas**. 2º ed. Brasília: IPEA, 1996. capítulo II, p. 113-224.

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. (2005) **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 67 p.

MIZIARA, F. Condições estruturais e opções individuais na formulação do conceito de Fronteira Agrícola. In: Luis Sérgio Duarte da Silva. (Org.). **Relações Cidade-Campo: Fronteiras**. Goiânia: UFG, 2000, p. 273-28.

MIZIARA, F. FERREIRA, N.C. Expansão da Fronteira Agrícola e Evolução da Ocupação e Uso do Espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In:

NOVACANA. Alcoolduto ou Etanolduto. **Portal NovaCana**. Local, 05 de jun. de 2007. Logística. Disponível em: <http://www.novacana.com/tag/92-alcoolduto-ou-etanolduto/>. Acesso em 29 de set. de 2014.

PIETRAFESA, J. P.; SAUER, S. A nova dinâmica na velha fronteira: 'terceira marcha' da ocupação no Cerrado. **Revista FUNADESP**, v. 5, p. 139-160, 2012

PRADO, H. Ambientes de Produção de Cana-de-Açúcar na Região Centro-Sul do Brasil. **Encarte de Informações Agronômicas** nº 110 – jun. 2005.

PRADO, H. **Pedologia Fácil: aplicações**. 3º ed. Piracicaba, sem editora, 2011. 180 p.

OLIVEIRA, A. U. Renda da Terra Pré-Capitalista. **Revista Orientação**. Igeog Usp, São Paulo, n.7, 1986.

OLIVEIRA, A. M. S; THOMAZ JÚNIOR, A. Perspectivas para o setor sucroalcooleiro frente à redução da queimada de cana-de-açúcar, a intensificação do corte mecanizado e a certificação socioambiental (Reflexões Iniciais). **Revista Pegada Eletrônica**, Presidente Prudente, v. 1, n.1, p. 47-51, 2000.

QUEIROZ, A.M. Considerações sobre a Expansão da Cultura da Cana de-açúcar em Goiás entre 2000 e 2010. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia-GO, v. 22, p. 39-50, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapas Geológicos Estaduais: região de Goiás. Brasília, DF, base de dados, Escala: 1.1000.000. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 04 de ago. 2012.

SIEG-Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso em 10 de Fevereiro de 2013.

SILVA, J. F. G. Os resultados da modernização agrícola dos anos 70. **Estudos Econômicos**. Instituto de Pesquisas Econômicas, FIPE - São Paulo/SP, v. 13, n.3, p. 537-560, 1983.

SILVA, S.M. **Competitividade e coordenação no sistema agroindustrial de cana-de-açúcar no Estado de Goiás**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Programa de Pós-Graduação em Agronegócio. Universidade Federal de Goiás. 2008.

TEIXEIRA NETO, A. Evolução Histórica E Geográfica Das Fronteiras Do Estado De Goiás. In: HORIESTE, G. (Org.). **O Espaço Goiano - Abordagens Geográficas**. 1ed.GOIANIA: GRÁFICA DA UFG, 2002, v. , p. 9-57.

4 A Expansão da Cana-de-Açúcar e as Mudanças de Usos do Solo no Sudoeste Goiano

Introdução

Como exposto anteriormente, a história recente da cana-de-açúcar no Brasil pode ser caracterizada por dois grandes períodos distintos. O primeiro vinculado ao processo de modernização da agricultura, fortemente subsidiado pelo governo federal, vinculada ao PROÁLCOOL (1975 – 1979), cujos efeitos se estenderam praticamente até o início da década de 1990, resultando numa notável concentração de áreas plantadas e usinas na região Sudeste do país, sobretudo no estado de São Paulo. O segundo corresponde à expansão atual, intensificada a partir dos anos 2000, vinculada ao Plano Nacional de Agroenergia (CASTRO et al., 2010) e amparado pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar–ZAE Cana da Embrapa (MANZATTO et al., 2009), também apoiados em ações financeiras, mas, desta feita, estaduais e do próprio setor, e que migra do Sul e Sudeste em direção ao Centro-Sul do bioma Cerrado, irradiando de São Paulo. Neste último período, Goiás se destacou e atualmente se posiciona como o segundo estado de maior produção do país (MAPA, 2014).

Viu-se também que as mudanças de uso das terras foram induzidas por políticas públicas no Brasil à época, principalmente pelo Programa de Desenvolvimento do Cerrado (POLOCENTRO), de efeito mais regional, e pelo Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER), de efeitos mais localizados, dentre outros. Estes programas foram diretamente associados às mudanças na concepção do potencial agrícola das terras do Cerrado, que de inaptas passaram a ser potencialmente aptas, graças ao novo pacote tecnológico trazido pela Revolução Verde, e ainda pela oferta considerável de grandes áreas contínuas (chapadas e chapadões), que permitiam a expansão baseada no paradigma de aumento da produção através da incorporação de novas áreas e, com isso, gerar maior lucratividade (THEODORO; LEONARDO; DUARTE, 2002).

O recente Plano Nacional de Agroenergia - PNA (2006-2011) é uma estratégia pública e privada que visa potencializar a produção e o consumo energético a partir da biomassa agrícola. As suas bases estruturam-se no mercado nacional e internacional, nas quais, desde a Rio-92, os problemas resultantes do aquecimento global potencializaram fortemente a discussão ambiental que vem pressionando a mudança

na matriz energética mundial, incluindo, sobretudo os biocombustíveis, dentre eles o etanol. Desta feita, mudou-se o foco para a sustentabilidade do planeta, face aos modelos econômicos adotados até agora, dentre outros aspectos consequentes e preocupantes, como a disponibilidade hídrica, a segurança alimentar e as migrações humanas (refugiados dos desastres naturais).

Nesse sentido, o avanço da cana-de-açúcar para a produção do etanol, como uma nova matriz energética nacional, cria expectativa promissora, dada a substituição dos combustíveis fósseis. Contudo, os efeitos resultantes da recente expansão canavieira revelam também efeitos negativos, sobretudo relacionados com a disputa de terras e produtos abrigados em outras práticas agropecuárias, e induzem mudanças de usos dos solos, podendo comprometer o caráter sustentável da matriz energética do etanol da cana-de-açúcar.

A preocupação com as mudanças de uso do solo concentra-se mais na degradação dos vários serviços ambientais que podem levar à perda da qualidade de vida dos ecossistemas, principalmente a relacionada ao avanço das periferias das cidades e o desemprego (AGUIAR, 2003). O PNA, por meio do ZAE-Cana (MANZATO et al., 2009), identificou e mapeou as áreas com maior potencial produtivo para cana, passando a ser considerado como instrumento indutor e regulador da nova expansão canavieira no País, mobilizado pelos movimentos do próprio setor junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. Durante a sua implantação, o avanço da produção canavieira rumo ao Centro-Sul do Cerrado já havia iniciado, principalmente a partir dos anos 2000, por iniciativa própria do setor sucroalcooleiro, face à conjuntura internacional que se anunciava favorável desde o final da década de 1990, e ao seu *status* tecnológico e político alcançado, que vem sendo construído desde a fase do PROÁLCOOL, ainda com grande interrupção no tempo.

Os principais fatores de mudanças de uso do solo estão comumente associados aos avanços tecnológicos da produção agrícola, como o melhoramento genético, insumos, máquinas e implementos que ampliaram as possibilidades de aumento da produtividade no País, sobretudo a partir das condições do mercado (PRADO; MIZIARA; FERREIRA, 2012). Nesse contexto, a expansão sucroalcooleira tem vantagens competitivas, pois além de mecanizada e modernizada, inicia-se a partir de unidade produtora - a agroindústria, ao contrário de outras culturas, como a soja em que os complexos agroindustriais surgiram depois, já que a exportação *in natura* era prioritária e implanta uma nova realidade regional que induz outras mudanças socioeconômicas, urbanas, fundiárias e logísticas, dentre outras.

Como forma de controlar impactos negativos desse avanço recente da cana, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado de Goiás

(SEMARH-GO) instaurou um conjunto de normas para minimizar os efeitos negativos da atividade agrícola e industrial. Segundo sua Instrução Normativa 01/2007, os novos empreendimentos sucroalcooleiros devem se instalar em áreas já antropizadas, além de manter a preservação dos remanescentes florestais existentes como medida preservacionista e realizar a colheita da cana verde (SEMARH, 2007).

Estudos recentes sobre a expansão da cana no estado de Goiás apontam a região Sul com aquela que representa, tanto no PROÁLCOOL como no PNA, o alvo preferencial, devido presença dos melhores solos e substituindo áreas de Cerrado e de culturas anuais, respectivamente, sobretudo de soja e secundariamente pastagens, ainda que estas ganhem em área (ABDALA; CASTRO, 2010; CASTRO et al., 2010; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013; SILVA; CASTRO, 2013). Porém, desde 2008 a cana vem se projetando para o extremo sudoeste do Estado, onde os solos já não apresentam elevada aptidão, devido sua textura arenosa, por isso considerados solos frágeis (EMBRAPA, 2010).

A Região de Planejamento do Sudoeste Goiano (RPSG), no estado de Goiás, passou por esse processo recente de expansão canavieira e tornou-se representativa do mesmo, sobretudo desde 2000, como já exposto. Segundo trabalhos anteriores, essa recente expansão canavieira em Goiás aumentou a disputa por terras, devido conflito com outras culturas e alguns municípios inclusive entraram com ação jurídica para limitar o avanço da cana em seus territórios, como Rio Verde. O fato é que o avanço da cana-de-açúcar no Estado, com em outras regiões do País, estabelece a especialização produtiva dos municípios aonde há a substituição das culturas temporárias, promovendo também a pressão sobre os remanescentes florestais (ABDALA; RIBEIRO, 2011).

Dado importância da RPSG no processo de expansão da cana, a hipótese deste trabalho considera que o setor sucroalcooleiro estabelece um processo relativamente conflitivo de mudanças de usos dos solos, por selecionar e avançar as melhores terras agrícolas contrariando o estabelecido no PNA, que defende o avanço canavieiro para áreas de pastagens degradadas de modo a recuperá-las. Nesse sentido, uma causa provável dessa inconformidade, dentre outras vantagens competitivas, estaria no fato do maior custo de produção para adequar as pastagens degradadas e nem todas têm aptidão agrícola para essa cultura, devido características edáficas e de declive desfavoráveis.

O objetivo deste capítulo é caracterizar as mudanças de uso de solo na RPSG, nos anos de 1985 e 1995, anteriores à expansão canavieira recente, e 2005, 2010 e 2013, concomitantes à expansão recente, visando testar se elas vêm ocorrendo em áreas antropizadas (áreas agrícolas), como determina a Instrução Normativa 001/2007

da SEMARH-GO e preferencialmente sobre pastagens (degradadas), preservando os recursos naturais (vegetação), como determina o Plano Nacional de Agroenergia (PNAE) (MAPA, 2006).

Ferraz (2012, 2013), ao analisar o potencial de impactos ambientais desse processo de expansão recente no Sul Goiano e suas consequências, conclui que o avanço da cana ainda é relativamente pequeno, em relação à área total, além da maioria da expansão ocorrer sobre áreas mais adequadas, logo aptas ao seu cultivo, porém, a questão é que estas se encontram com uso agrícola, embora já demonstrando um paulatino aumento para regiões de pastagens.

4.1 Dinâmica do Uso do Solo no Sudoeste Goiano

A Figura 23 mostra os diferentes usos dos solos durante o período analisado diante dos quais se tornou possível à compreensão da distribuição espacial agrícola da RPSG até 2013. A sucessão de usos nos anos considerados permite perceber uma tendência à manutenção de um mesmo padrão espacial distributivo de atividades agrícolas a leste nordeste e de pastagens ao sul e sudoeste, configurando um limite de forma diagonal que separa esses dois conjuntos. Esse padrão coincide com os solos de melhor aptidão agrícola. A trajetória de expansão das áreas de cultivo concentra-se inicialmente nas áreas das culturas anuais, projetando-se para sudoeste e setores menores a oeste entre 2010 e 2013.

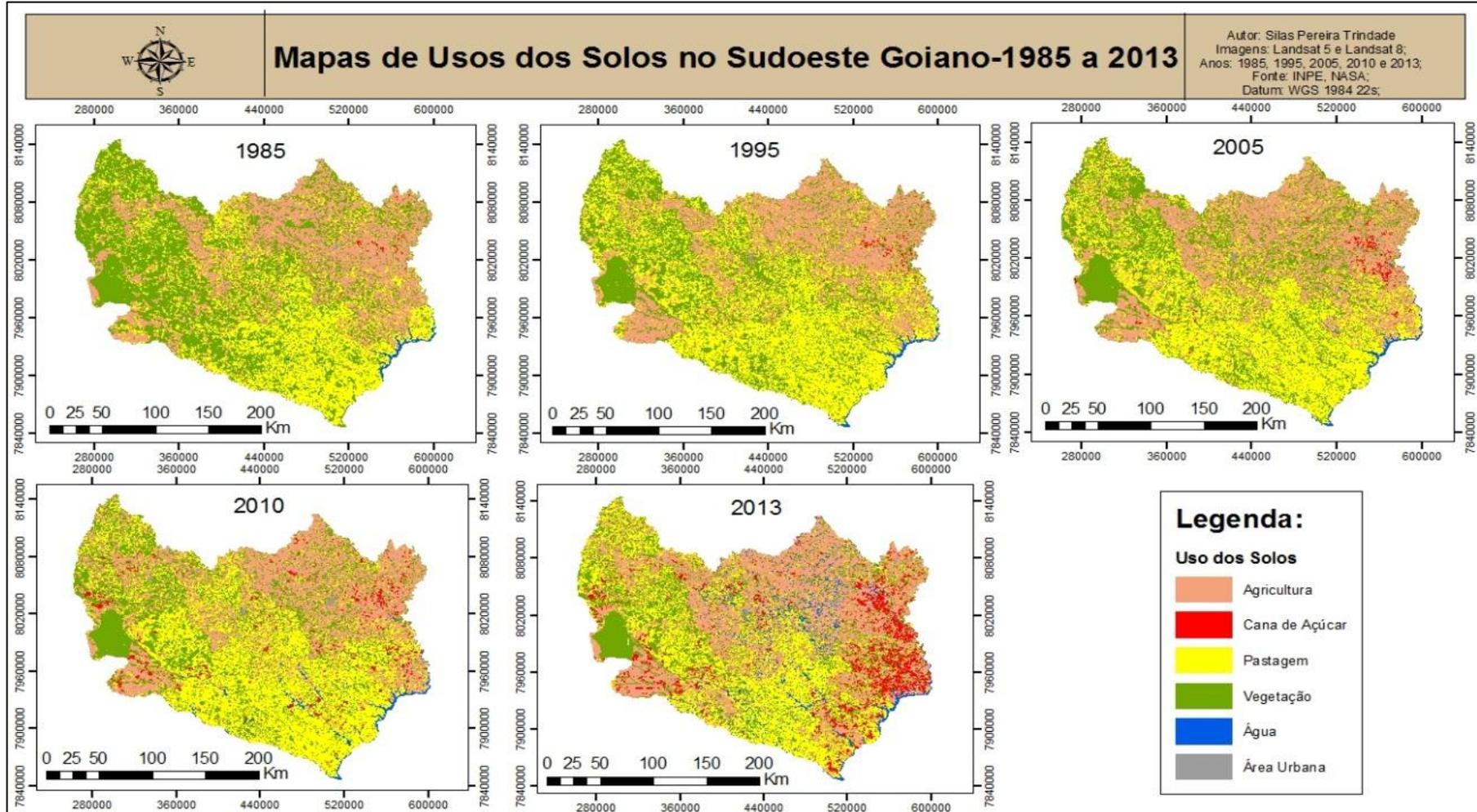
Detalhando-se mais esse padrão, ano a ano, na Figura 23, o mapa de 1985 indica a concentração das culturas anuais na porção leste da RPSG, das pastagens mais ao Sul e na porção oeste a predominância em áreas contínuas com vegetação nativa. Estas também sobressaem na RPSG como um todo, seguida pela agricultura e por pastagens (Tabela 11). A cana-de-açúcar localiza-se apenas em pequenas áreas a Nordeste da RPSG que correspondem aos municípios de Santa Helena de Goiás e Turvelândia, onde se encontravam as usinas relacionadas ao período de vigência do PROÁLCOOL. Também neste período, segundo levantamentos realizados juntos às usinas, havia duas unidades produtivas em operação no período.

No ano de 1995 (Figura 23), o mapa de uso do solo mostra semelhanças com o mapa anterior, de 1985, porém, já permite constatar a ampliação das áreas das mesmas classes de usos, em detrimento da vegetação nativa. Pode-se perceber também que a área com cana-de-açúcar aumentou, basicamente ampliando nos municípios já consolidados, como Santa Helena de Goiás e municípios limítrofes, mas já adentrando também os municípios vizinhos de Maurilândia e Castelândia, a leste e

nordeste, além de pequenas áreas no município de Serranópolis, no Centro-Oeste da RPSG. Paralelamente, também foi identificado ligeiro aumento da massa d'água na porção Sul, correspondente ao Rio Paranaíba, devido construção do reservatório de São Simão (futura hidrovía). Nesse período, final da década de 1980 até metade da década de 1990, as usinas em operação foram criadas sobre forte influência do PROÁLCOOL mostrando a sua influência direta na região Sudoeste. Assim, pode-se dizer que se trata de um período de transição entre o PROÁLCOOL e o PNA, ao considerar que já se evidenciam os primeiros sinais de avanço da cana associado à produção de etanol, pois a maioria das usinas instaladas destina-se ou prioriza esse produto (Tabela 10).

O uso do solo em 2005 repete o mesmo padrão desses dois anos anteriores, porém já evidencia uma grande área canavieira que resulta da coalescência das manchas identificadas a leste no ano anterior. E além dessa, novas áreas surgem onde antes não havia essa cultura como nos municípios de Quirinópolis, Gouvelândia, Rio Verde, Acreúna e mais ao Oeste, como Aporé, Chapadão do Céu e Mineiros. Assim, nesse ano de 2005 a cana-de-açúcar já ocorre em quase a metade dos municípios da RPSG (Tabela 11).

Figura 23 - Mapas de uso do solo e da expansão da cana-de-açúcar na RPSG contemplando a dinâmica da cana-de-açúcar nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013



Fonte: Interpretação de imagens Landsat TM5 de Agosto de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013;
 Organização: Trindade, 2015

Tabela 11-Síntese do uso do solo e aumento do número de usinas no Sudoeste Goiano-1985-2013

Uso	Área 1985 (hectares)	%	N° Usinas	Área 1995 (hectares)	%	N° Usinas	Área 2005 (hectares)	%	N° Usinas	Área 2010 (hectares)	%	N° Usinas	Área 2013 (hectares)	%	N° Usinas
Agricultura ¹	1.835.555,15	29,88		1.812.589,49	29,51		2.040.221,72	33,22		1.951.659,00	31,77		2.460.597,17	40,06	
Água	32.309,10	0,53		35.745,82	0,58		41.790,27	0,68		59.325,11	0,97		59.484,53	0,97	
Área Urbana	8.053,95	0,13		9.157,83	0,15		9.562,19	0,16		13.753,30	0,22		15.231,25	0,25	
Cana de Açúcar	7.677,88	0,13		25.356,45	0,41		50.838,37	0,83		143.729,53	2,34		340.832,82	5,55	
Pastagem	1.664.491,28	27,10		2.261.631,78	36,82		2.045.402,40	33,30		2.260.286,49	36,80		1.659.564,66	27,02	
Vegetação	2.594.061,05	42,23		1.997.667,04	32,52		1.954.333,47	31,82		1.713.394,99	27,90		1.606.437,98	26,15	
Total	6.142.148,41	100,00	2,00	6.142.148,41	100,00	1,00	6.142.148,41	100,00	2,00	6.142.148,41	100,00	7,00	6.142.148,41	100,00	2,00

Fonte: Interpretação de imagens Landsat TM 5 e TM8 e SIFAEG.

(1) Culturas de ciclo curto (anuais).

O avanço das áreas de cultivo da cana na região também é evidenciado pelo aumento de número de destilarias, somando-se cinco unidades em operação. Estudos recentes mostram que a cana chegou à região de Quirinópolis em 2004, substituindo, preferencialmente, áreas de grãos, sobretudo soja (BORGES, 2011; SILVA; CASTRO, 2011). Neste mesmo sentido, para o Cerrado como um todo, Ribeiro (2010) também evidenciara que a expansão da cana havia ocorrido preferencialmente em áreas identificadas como agricultura (culturas anuais).

Portanto, pode-se deduzir que na primeira metade da década de 2000 o processo de expansão canavieira já estava desvinculado completamente do PROÁLCOOL, caracterizando a expansão recente da cana no Estado e na região. Embora notável, não revelava um aumento muito vigoroso, o que não acontece depois. Nesse sentido, o ano de 2010 chama a atenção por revelar a ampliação dos usos agropecuários sobre as áreas de vegetação nativa, inclusive pela cana-de-açúcar, a qual já se registra na maioria dos municípios da região, exceto no município de Aparecida do Rio Doce. Paralelamente, foi identificado aumento do número e área total de massa d'água, fato explicado pelo aumento de reservatórios ligados a pequenos empreendimentos hidroenergéticos (Pequenas Centrais Hidrelétricas-PCHs) localizados nas bacias hidrográficas da região.

Pode-se dizer que esse ano de 2010 (Figura 23) marca a consolidação da cana na RPSG, tanto em área como no aumento na produção, junto ao importante número de usinas instaladas, totalizando 12 destilarias (Tabela 10), o que equivale a cerca de 1/3 do total de usinas em operação no Estado (SEMARH, 2015). Chama a atenção ainda o fato da cana não substituir mais, preferencialmente, as áreas de culturas anuais, sobretudo soja, mas as de pastagens (Figura 1), até porque os solos dessas áreas não apresentam aptidão agrícola para tal. Trata-se de solos de textura média e arenosos, de baixíssima fertilidade e moderada a elevada erodibilidade, conhecidos como solos frágeis (EMBRAPA, 2010), ocupados anteriormente pelas pastagens extensivas com muitas áreas de pastos degradados.

O último ano analisado, 2013 (Figura 23), reflete um aumento vigoroso da área de cana na RPSG, mostrando ao mesmo tempo a consolidação e a intensificação muito rápida da produção canavieira na região. Este processo pode ser comprovado pelo rápido crescimento em área plantada de cana-de-açúcar em *ondas*, isto é, substituindo culturas a leste e depois de lá consolidada, de pastos a oeste, evidenciando um eixo preferencial de avanço de direção leste-oeste. Nesse processo a cana se desloca para áreas novas (para a cana, mas não para outras atividades), podendo ser cana sobre áreas de culturas *empurrando* a soja sobre os pastos e depois a cana avança sobre pastos e estes se deslocam para áreas de cobertura

vegetal remanescente e assim sucessivamente. Portanto, o crescimento registrado neste período mostra a associação do aumento do número de usinas, que além de agregar novas unidades produtivas, ampliam as suas áreas agrícolas, obedecendo a um raio médio de 40 km ao redor das usinas.

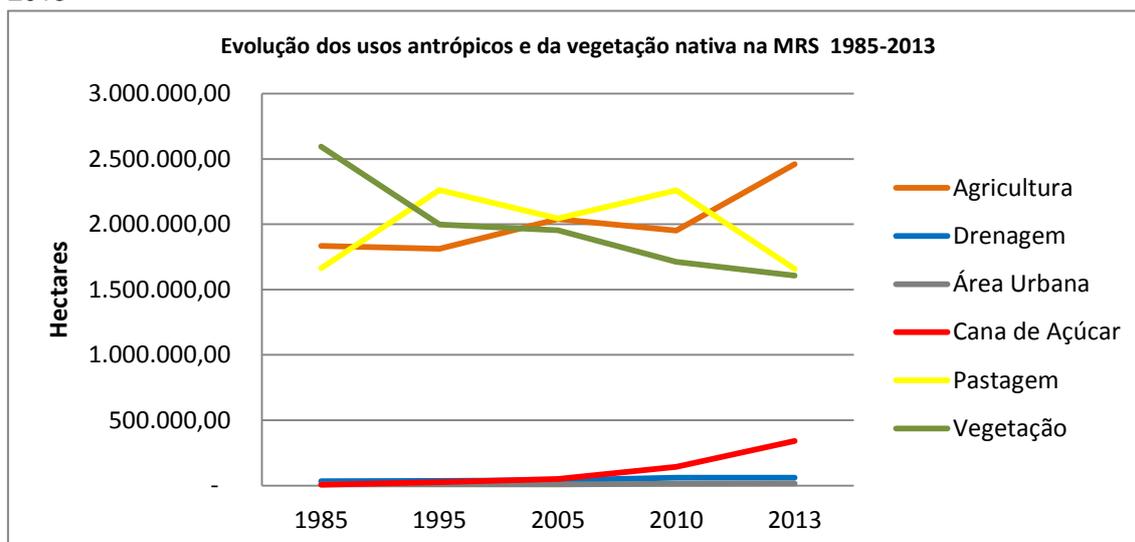
Nesse período analisado identificou-se a redução das pastagens e aumento da agricultura. Este processo pode ser explicado devido aos diferentes estágios da fronteira agrícola, onde primeiramente há o avanço das pastagens sobre a vegetação, que por sua vez são substituídas pela agricultura. Além desse padrão espaço-temporal de sucessão (vegetação - pastagem - agricultura), a cana-de-açúcar, por ser mais avançada tecnologicamente, ocupa áreas em que a fronteira agrícola atingiu o seu estágio mais avançado, por meio da consolidação das práticas agrícolas das quais vem sendo suplantadas pela cultura sucroalcooleira (Tabela 11).

Confirma-se, assim, um crescimento significativo da cana-de-açúcar na região, segundo um eixo preferencial de expansão do leste para o oeste, acompanhando as melhores condições naturais, em especial as edáficas (preferencialmente Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos) e topográficas (preferencialmente as declividades inferiores a 12%, limite para o cultivo motomecanizado da cana), mas também a oferta de infraestrutura para a produção e comercialização agrícola, que se caracteriza principalmente pela logística (CAMBELINI; CASTILLO, 2012). A Tabela 11 reúne todos os anos avaliados para permitir uma melhor visualização da dinâmica da expansão canavieira.

4.2 Padrões das Mudanças de Usos dos Solos no Sudoeste Goiano

As mudanças de usos dos solos no Sudoeste Goiano apresentam os comportamentos sintetizados na figura 24. Além da ampliação de uso agrícola de áreas antes destinadas a pastagens associadas espacialmente à substituição das áreas de culturas anuais pela cana, houve a diminuição de áreas de vegetação nativa associadas ao aumento das áreas das pastagens convertidas em cana, o que revela uma reordenamento do uso das terras, respectivamente como impacto direto e indireto das mudanças decorrentes da expansão da cana na região (Tabela 11).

Figura 24 -Evolução dos usos antrópicos e da vegetação nativa na RPSG no período de 1985 a 2013



Fonte: imagens de satélite Landsat 1985 a 2103;

A análise das curvas da Figura 24 permite constatar nos quatro anos analisados, que as maiores áreas correspondem às culturas anuais, depois às pastagens e finalmente à vegetação nativa, destacando-se a reconversão de usos como a dinâmica mais evidente, porém aponta também a vegetação nativa em constante redução (-50% no período). Esta dinâmica de evolução do uso do solo, no Sudoeste Goiano, pode ser vista numericamente na tabela 12.

A análise dos dados da Tabela 12 permite afirmar que em 1985 predominava a vegetação nativa (2.594.051 ha), reduzindo aceleradamente e continuamente até 1995 com um decréscimo de cerca de 20%. Depois, mantendo-se relativamente estável até 2005, após o que sofre nova redução, de cerca de 20% novamente e mais 10% até 2013, correspondendo à metade da área de 1985. A pastagem, por sua vez, evolui em duas fases distintas, um aumento notável entre 1985 e 1995, de 1.664.482 ha para 2.261.623 ha, correspondendo a cerca de 50%, equivalendo à redução proporcional da cobertura nativa, indicando mudança cobertura-pasto, seguida de uma relativa estabilidade entre 2005 e 2010. Esse comportamento indica que a grande conversão agrícola deu-se antes de 1985 com a chegada da Fronteira Agrícola através do Polocentro na região.

As culturas anuais mantiveram-se também praticamente estáveis entre 1985 e 1995, com uma pequena elevação em 2005, seguida por ligeiras oscilações, porém, aumentando de modo pouco mais notável em 2013, mas coincidindo com a redução das áreas de cobertura nativa, o que pode indicar desmatamento para conversão agrícola ou pastos.

Tabela 12- Sucessão histórica de Uso e Ocupação do Sudoeste Goiano-1985-2013

Uso	Área 1985	%	Área 1995	%	Área 2005	%	Área 2010	%	Area 2013	%
Agricultura ¹	1.835.555,15	29,88	1.812.589,49	29,51	2.040.221,72	33,22	1.951.659,00	31,77	2.460.597,17	40,06
Drenagem	32.309,10	0,53	35.745,82	0,58	41.790,27	0,68	59.325,11	0,97	59.484,53	0,97
Área Urbana	8.053,95	0,13	9.157,83	0,15	9.562,19	0,16	13.753,30	0,22	15.231,25	0,25
Cana de Açúcar	7.677,88	0,13	25.356,45	0,41	50.838,37	0,83	143.729,53	2,34	340.832,82	5,55
Pastagem	1.664.491,28	27,10	2.261.631,78	36,82	2.045.402,40	33,30	2.260.286,49	36,80	1.659.564,66	27,02
Vegetação	2.594.061,05	42,23	1.997.667,04	32,52	1.954.333,47	31,82	1.713.394,99	27,90	1.606.437,98	26,15
Total	6.142.148,41	100,00								

Fonte: Interpretação de imagens Landsat TM 5 e TM8.

(1) Culturas de ciclo curto (anuais).

Nota-se ainda, na mesma tabela 12, que os períodos correspondentes ao avanço das pastagens coincidem com os da redução das culturas anuais, o que também pode ser observado ao avanço destas corresponder ao da redução das pastagens. Em ambos os casos, notou-se a exceção representada pelo ano de 2005, justamente quando a cana chega e começa a se expandir fortemente ao leste e ao final do período para oeste da região. Em 2013 constatou-se aumento das áreas de culturas anuais (grãos), da cana-de-açúcar e das áreas urbanas. Paralelamente, verificaram-se as perdas em áreas de Pastagens e de Vegetação Nativa, o que pode estar associado à expansão canavieira e às novas dinâmicas agrárias resultantes.

Nesse aspecto, a cana-de-açúcar concentrava-se em pequenas áreas em 1985, como já comentado. Nota-se ainda o grande aumento da classe drenagem que se inicia nesse mesmo ano, referente às hidrelétricas instaladas no Rio Paranaíba, dado o expressivo aumento de demanda relacionada às novas Usinas Hidrelétricas (UHD) e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) nos principais rios da região (ANEEL, 2012). Quanto às áreas urbanas, elas tinham baixa expressão na região, tanto em tamanho como em seu crescimento em área, apesar do ligeiro aumento em 2013, o que revela certa estabilidade, apesar das mudanças de uso do solo. Logo, não se tratava de um processo paralelo de urbanização.

A dinâmica da expansão canavieira no período analisado mostra que a evolução ocorreu concomitantemente ao desenvolvimento agroindustrial na RPSG, que teve por base os sistemas integradores e estruturantes das políticas públicas, que se somavam aos recursos naturais e ao desenvolvimento dos sistemas logísticos e de infraestrutura. Convém observar que, neste caso, as políticas públicas apenas criaram um cenário inicial de integração comercial na RPSG, na perspectiva de uma agricultura de grande escala, dado que a região apresentava (e apresenta) aptidão para os empreendimentos agrícolas, devido sua aptidão edafoclimática, sua oferta hídrica e topografia suave (FERRAZ, 2012), o que garante um potencial produtivo elevado e a excelência que vem se mantendo desde que lá chegou à fronteira agrícola nos anos 1970.

Há que se destacar ainda que vários trabalhos vêm indicando que a cana percorre preferencialmente os mesmos itinerários das culturas anuais (grãos) da década de 1970 e 1980, principalmente da soja, porque a aptidão agrícola é melhor e conseqüentemente os investimentos menores, fato corroborado pela oferta logística relativamente adequada.

Observando-se ainda a Figura 23 e a Tabela 12, quanto à distribuição espacial da cana-de-açúcar, pode-se retomar a ideia de que ela se desenvolveu em três estágios de expansão representando três padrões espaciais: o primeiro, a partir de

1985, onde se constata sua concentração a Nordeste da RPSG, associada aos incentivos do PROÁLCOOL e ocupa as terras aptas, mas não ocupadas pelas culturas anuais associadas à expansão da fronteira agrícola. O segundo, a partir da década de 1985, que obedeceu a um padrão de expansão radial (expansão por difusão), a partir da área *core* da cana da fase anterior, com um deslocamento para oeste, mas também coincidindo com as áreas de melhor aptidão agrícola, substituindo áreas agrícolas e pastagens. E o terceiro, apesar de sofrer influência das áreas de maior potencial e aptidão produtiva, deslocou-se para o extremo oeste da RPSG, sobre pastagens ou remanescentes de Cerrado, de reconhecida menor aptidão agrícola (solos arenosos e, portanto, frágeis), o que pode estar associado a outras vantagens competitivas como a forte influência da integração logística que vem se construindo pouco a pouco na região, conectando-a a dutos, ferrovias, hidrovias, estradas de rodagem, nós modais e outras (BORGES, 2011).

Os dois primeiros estágios podem ser entendidos como padrões produtos preponderantes as condições edafoclimáticas, ainda que a logística contasse para o escoamento da produção, mas não seria o principal. Mas o terceiro, e recente, certamente obedece mais a fatores logísticos e locais, já que o seu avanço se dá em direção aos solos que não representam significativa aptidão e por isso não seriam fator tão relevante, mas seu preço é menor, embora exijam mais tratamentos culturais depois de adquiridos. As taxas de crescimento agrupadas em 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013 (tabela 13) ilustram essa dinâmica.

Como consequência, entre 1985/1995 prevalecem perdas de áreas naturais e avanço de cana sobre culturas anuais, embora ainda as maiores taxas de crescimento predominem as pastagens na RPSG, para as quais há grande aptidão edafoclimáticas, e que permanece relativamente estáveis o que faz supor que o desmatamento teria induzido pela abertura de pastos. As áreas compostas por drenagens e áreas urbanas passaram por um ligeiro aumento. Este fenômeno retrata o processo de expansão da agricultura no Cerrado que, para Miziara e Ferreira (2008), corresponde a uma das etapas do processo de abertura de novas áreas agrícolas, incluindo nestas a cana-de-açúcar. Estas conversões de áreas naturais em pastagem dão suporte à expansão da fronteira agrícola em decorrência dos baixos investimentos antecedendo os períodos de maiores investimentos em tecnologia e infraestrutura relacionadas com as culturas anuais.

Tabela 13-Taxa de Crescimento do Uso do Solo – 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013

Uso do Solo	1985/1995		1995/2005		2005/2010		2010/2013	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Agricultura ¹	- 22.965,67	-1,27	227.632,23	11,16	- 88.562,72	- 4,54	508.938,16	20,68
Água	3.436,72	9,61	6.044,45	14,46	17.534,85	29,56	159,42	0,27
Área Urbana	1.103,88	12,05	404,36	4,23	4.191,11	30,47	1.477,94	9,70
Cana de Açúcar	17.678,57	193,04	25.481,92	50,12	92.891,16	64,63	197.103,29	57,83
Pastagem	597.140,50	26,40	-216.229,38	-10,57	214.884,09	9,51	- 600.721,83	-36,20
Vegetação	- 596.394,01	-29,85	- 43.333,57	-2,22	- 240.938,49	- 14,06	- 106.957,00	-6,66

Fonte: imagens de satélite Landsat TM5 e TM8.

(1) Culturas de ciclo curto (anuais).

No período entre 1995/2005 nota-se grande aumento da área com cana-de-açúcar, porém menor em área do que aquele da década anterior, além de um amplo avanço das culturas anuais. Paralelamente, constatou-se um menor crescimento das áreas urbanas e a redução das pastagens e da vegetação nativa. Esse biênio foi marcado pelo avanço das maiores taxas de crescimento da área plantada com cana-de-açúcar, da drenagem (massa d'água) e das culturas anuais, contrapondo-se à redução das taxas de crescimento das pastagens e da vegetação nativa. Pietrafesa (2011) afirma que essa recente expansão canavieira é induzida pelo aumento da produção para fins bioenergéticos, como biodiesel, cogeração de energia dentre outros, acarretando a duplicação da área plantada. Mas, esse fenômeno pode ser explicado também pela ausência de políticas públicas para a regulação da produção de etanol e melhores preços dos produtos agrícolas, incentivando as mudanças de uso do solo em função do mercado.

No período de 2005/2010, ocorreu uma completa transformação na dinâmica do uso das terras na RPSG. A cana-de-açúcar, a drenagem, as áreas urbanas e as pastagens voltaram a um crescimento gradual, ao contrário das culturas anuais e a vegetação nativa, sugerindo que o crescimento das demais classes ocorreu sobre áreas de vegetação natural e áreas de culturas anuais. Também nesse mesmo período, verificou-se o grande crescimento na produção energética compreendida pelo avanço da cana-de-açúcar e da massa d'água, relacionado ao grande aumento das hidroelétricas na RPSG.

Finalmente, no último período, de 2010/2013, evidenciou-se uma dinâmica de ganhos das áreas de cultivos agrícolas, cana-de-açúcar, e desta vez acompanhado de expansão urbana. A taxa de crescimento de 2013 em relação ao ano anterior, 2010, mostra a evolução dessas categorias de uso do solo, contrapondo-se à redução da

vegetação e das pastagens. Na sequência das taxas de crescimento, a pastagem também é caracterizada por ciclos de expansão. Diferenciando-se da vegetação nativa, que decresce continuamente desde o início do período analisado, as pastagens passam por ciclos de avanço e pequenos retrocessos, como nos anos 1985/1995 e 2005/2010, de aumento, e os biênios 1995/2005 e 2010/2013, de redução de sua área. Esta dinâmica leva a pensar que os remanescentes de áreas naturais são áreas diretamente convertidas após o desmatamento e, por outro lado, que as pastagens mostram uma clara integração com o processo de expansão da fronteira agrícola, oferecendo as primeiras condições de ocupação para reconversão posterior em atividades agrícolas. Observou-se ainda que o avanço do setor sucroalcooleiro ocorre sobre diversos usos, incluindo áreas de agricultura comercial e áreas naturais. Isso mostra que o Plano Nacional de Agroenergia não interferiu no completo direcionamento da expansão canavieira para as áreas de pastagens, cabendo a explicação da sua expansão em fenômenos já estudados, no contexto da modernização da agricultura no Cerrado, por meio do avanço da Fronteira Agrícola.

Para Silva e Castro (2011), o estado de Goiás se encontra atualmente em estágio de novos investimentos, onde a agricultura de exportação se consolidou no Sul goiano, incluindo a RPSG, área *core* e receptora das novas políticas públicas agrícolas, como o Plano Nacional de Agroenergia, confirmando a chamada *modernização conservadora* (GUIMARÃES, 1977).

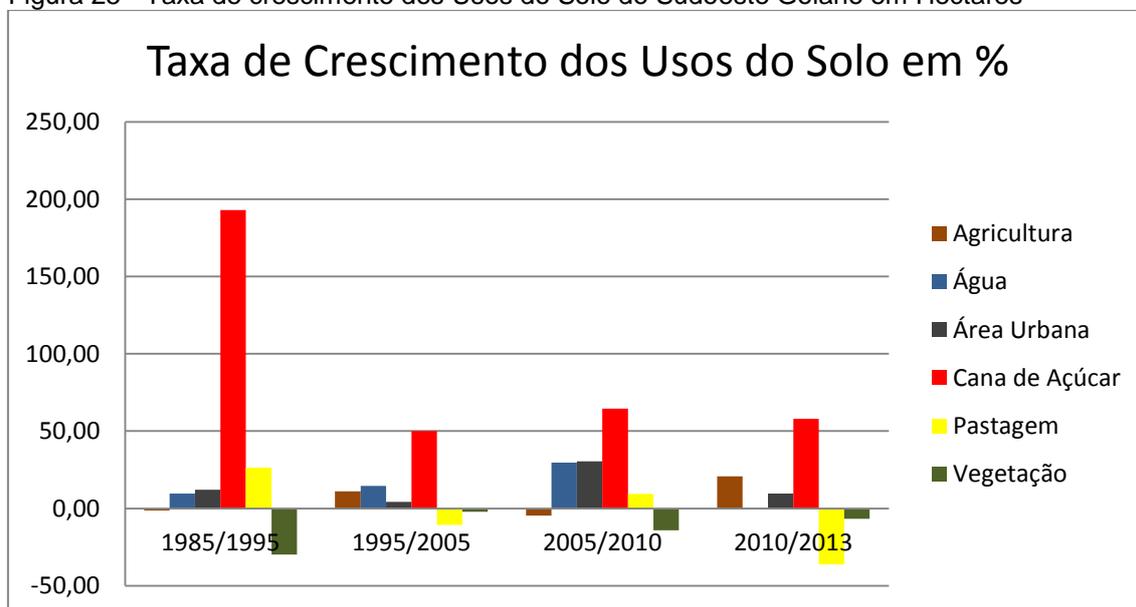
Em síntese, o crescimento acumulado no período analisado evidencia um nítido aumento da participação canavieira, na qual não se constatou nenhuma queda em área plantada, e, em menor proporção, pelas áreas urbanas e drenagem (Figura 23 e Figura 24). Portanto, a cana-de-açúcar liderou e ainda lidera as últimas mudanças de uso do solo na região. Essas observações corroboram as interpretações de Miziara (2009), Castro et al. (2010), Silva e Castro (2011) e Barbalho, Silva e Castro (2013), que mostraram que a abertura das áreas produtivas pela pecuária em razão dos seu baixo custo é seguida pela implantação da agricultura tecnificada que se instala em medida da diminuição dos custos para produção das terras, representando, portanto, a chave de sucessão regional.

Nesse sentido, a reconversão de áreas de culturas anuais e mesmo pastagens significa uma diminuição considerável de custos iniciais de implantação dos empreendimentos sucroalcooleiros, uma vez que o solo já foi convertido, bem preparado e até melhorado em consequência do uso com culturas anuais, além de aproveitar grande parte da logística de transporte para escoamento da produção e contar com a rede de energia das hidroelétricas. O padrão de comportamento espacial dos usos dos solos na RPSG representa respostas das mudanças relacionadas às

principais classes aqui discutidas⁵. A interação destas mostra a dinâmica da fronteira agrícola diante do seu avanço em relação aos padrões tecnológicos utilizados. Visto isto, as alterações espaciais e temporais estão relacionadas com o aumento da produção de cana-de-açúcar na região, promovendo alterações quanto às mudanças de uso dos solos no Sudoeste Goiano.

Assim, a RPSG pode ser interpretada como motivada por uma evolução de uso do solo como sintetizada na figura 25 e 26. Nelas, caracterizam-se as culturas substituídas pela cana-de-açúcar em relação aos cenários pretéritos da dinâmica espacial da RPSG, alterada pelos seus aspectos econômicos, ambientais e, indiretamente, sociais caracterizando o modelo de expansão da cana-de-açúcar na microrregião, confirmando o exposto.

Figura 25 - Taxa de crescimento dos Usos do Solo do Sudoeste Goiano em Hectares



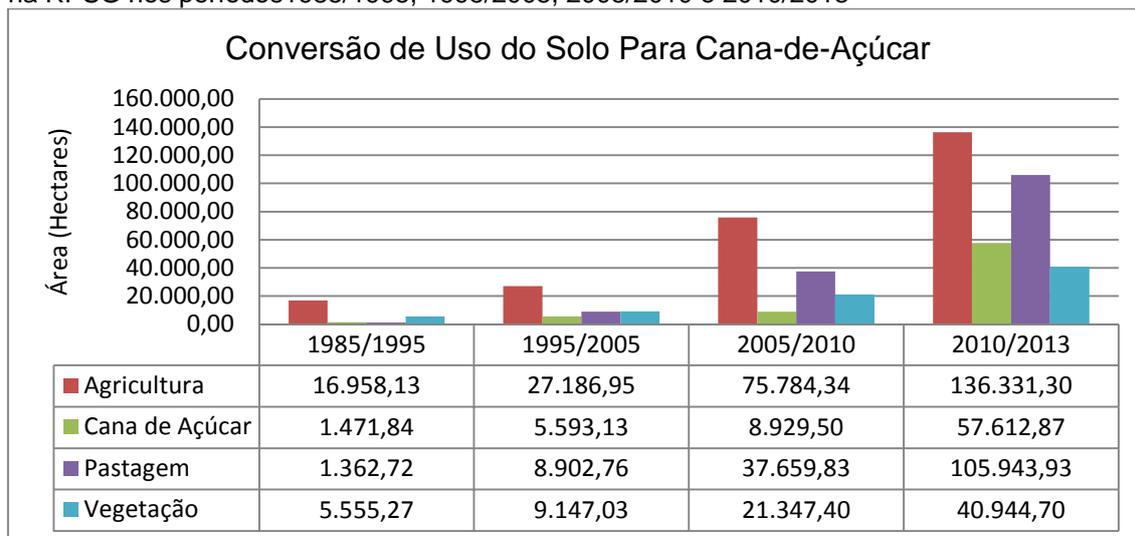
Fonte: imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 dos anos analisados.

Em síntese, nos anos analisados a sucessão apresentou o seguinte padrão de mudança de uso do solo:

- 1) Cana-de-Açúcar/Cana-de-Açúcar;
- 2) Cultura Anual /Cana-de-Açúcar;
- 3) Pastagem/Cana-de-Açúcar;
- 4) Vegetação Natural/Cana-de-Açúcar;

⁵ Agricultura, Área Urbana, Drenagem, Cana-de-Açúcar, Pastagem e Vegetação.

Figura 26 - Área da progressão do uso do solo em relação à conversão para a cana-de-açúcar na RPSG nos períodos 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013



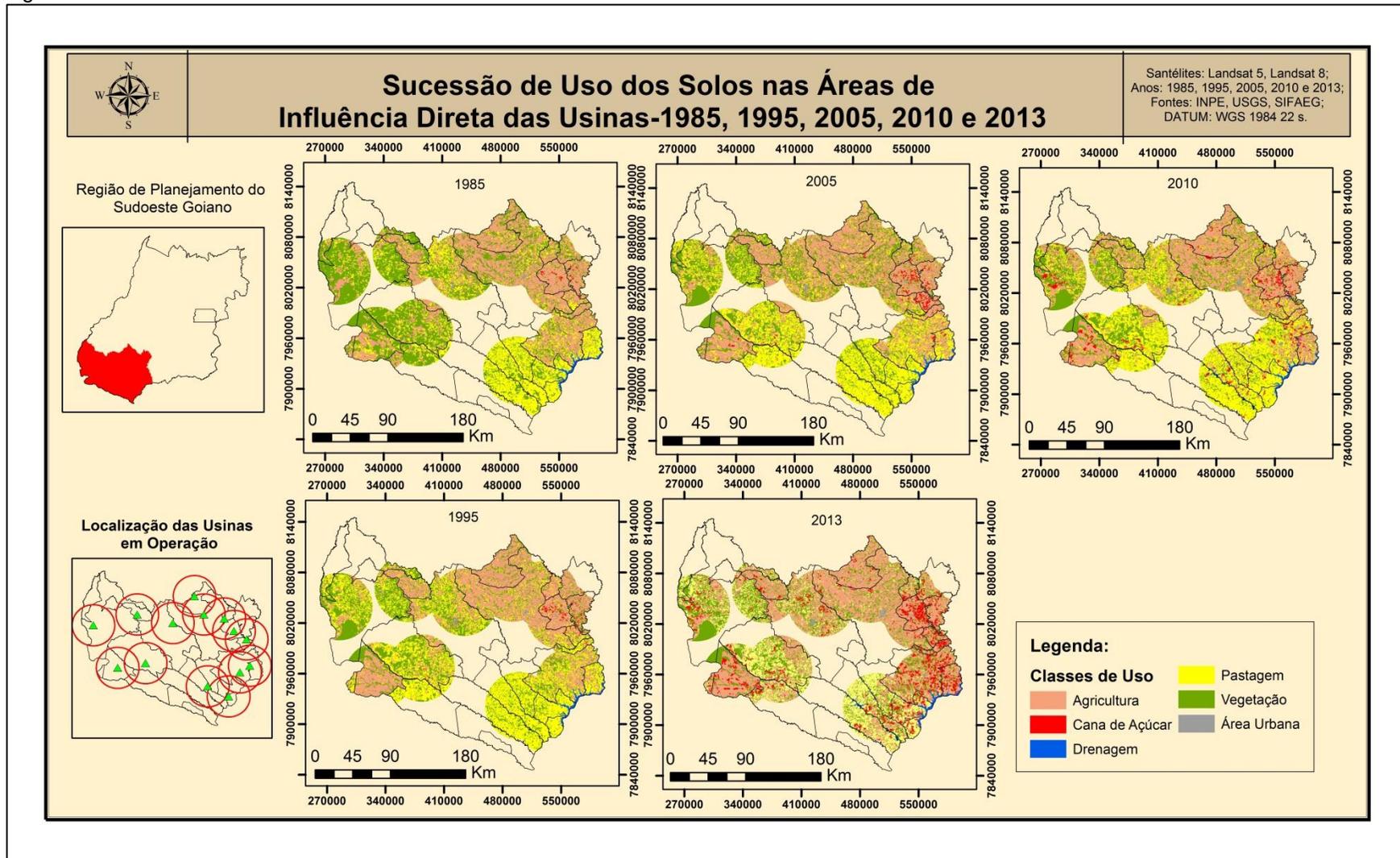
Fonte: imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 dos anos analisados.

Relacionando a dinâmica de evolução de uso do solo com os programas de incentivos à produção energética, os cenários desenvolvidos nos dois períodos (PROÁLCOOL e PNA) de expansão permitem deduzir a predominância da sucessão Culturas Anuais/Cana-de-Açúcar e Vegetação Natural/Cana-de-Açúcar no período de vigência do PROÁLCOOL e de Culturas Anuais/Cana-de-Açúcar e Pastagem/Cana-de-Açúcar no período de vigência do PNA.

Por fim, há que se destacar o último biênio analisado (2010/2013), além de revelar a consolidação da cana-de-açúcar nas áreas já instaladas desde 1985 e, sobretudo de 2010 em diante, sua expansão prossegue, mas mudando o padrão espacial para substituição de pastagens, compatibilizando-se com a política do PNA. Nesse sentido, apesar da cana-de-açúcar conseguir um significativo avanço direto para as áreas de vegetação nativa, o progresso das pastagens age como elemento intermediário para a abertura de novas áreas agrícolas sobre as áreas naturais.

Assim, a atuação do setor sucroalcooleiro evolui e a sua abrangência ocorre concomitante com a dinâmica industrial das unidades processadoras de cana e os fornecedores de matéria-prima, o setor agrícola. Trabalhando de forma integrada, a realidade agroindustrial da cana-de-açúcar influencia, segundo Silva e Miziara (2010), um raio de 40 quilômetros ao seu redor, de onde procede inicialmente a cana para abastecer a moagem nas usinas, sobretudo no início da operação. Na figura 27, caracteriza-se a evolução do uso dos solos, neste perímetro, na sucessão cronológica aqui trabalhada, em que é possível verificar a concentração da confluência destas áreas.

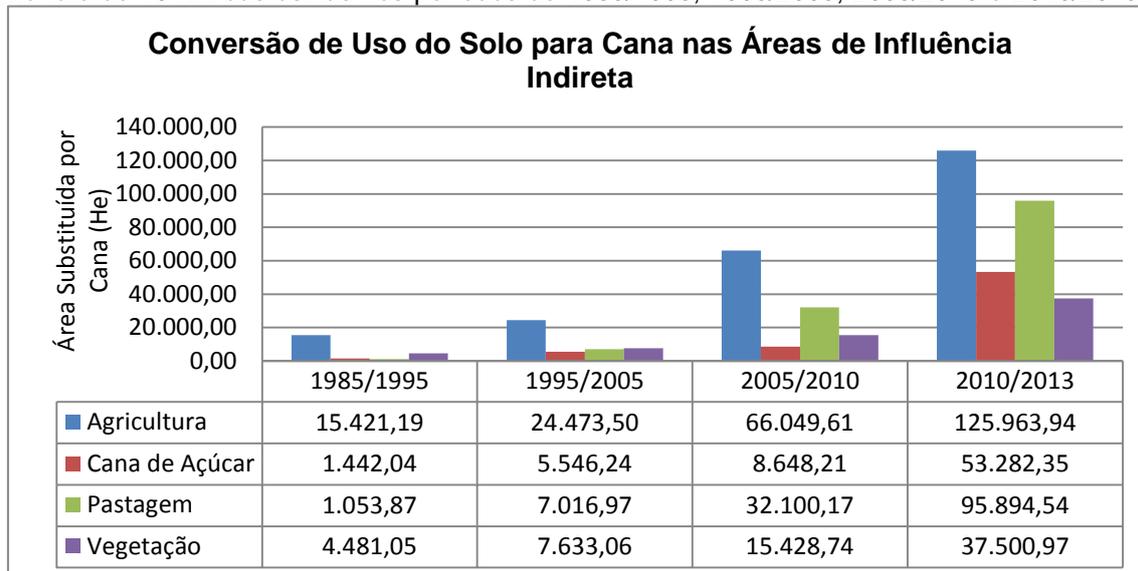
Figura 27 - Sucessão do Uso dos Solos no Raio de 40 km das Usinas no Sudoeste Goiano-1985 a 2013



Fonte: Imagens de satélite Landsat TM5 e Landsat 8 dos anos analisados.

A análise da sucessão espacial de uso dentro da área marcada pelos raios de influência de cada usina em operação (Figura 28) permite constatar a repetição do mesmo padrão de expansão da cana-de-açúcar na RPSG relatado, fazendo supor que seriam elas, as usinas, que irradiariam a expansão.

Figura 28 - Área da progressão do uso do solo em relação à conversão para a cana-de-açúcar no raio de 40 km das usinas nos períodos de 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013.



Fonte: Imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 dos anos analisados.

A progressão dessas dinâmicas de uso do solo revela, no entanto, a presença de disputas por terras. Nesse sentido, Abdala e Ribeiro (2012) assinalam a existência de uma competição pelo uso do solo, onde a cana-de-açúcar entra em disputa com os demais usos, exercendo a influência no deslocamento de culturas, além da pressão nos ambientes naturais de Cerrado.

Por fim, convém lembrar que além dos efeitos ambientais do desmatamento para conversão em grãos, pastos e mais recentemente em cana, e as mudanças de uso, ancoradas na substituição de determinadas culturas por cana afeta também o sistema econômico e social da RPSG. Tem se registrado, por exemplo, efeitos negativos na produção agroalimentar baseada em sistemas dependentes da produção de grãos e de proteína animal na região (HINRICHS; KLEINGACH; REIS, 2010).

4.3 Teste Estatístico da Sucessão de Uso dos Solos no Sudoeste Goiano por meio da ANOVA Fatorial

Os resultados das análises estatísticas realizadas por meio dos dados extraídos dos mapas de uso do solo, especificamente da sucessão de uso da cana-de-açúcar, destinam-se a testar a interpretação exposta e confirmam aumento na área agrícola canavieira. Fato interessante é que se constatou que em nenhum momento houve redução da área plantada de cana, mas sim aumento, e intensificado nos dois últimos períodos. Por meio da tabela 14 pode ser visto que os resultados foram significativos, ou seja, o $p=0,0000$.

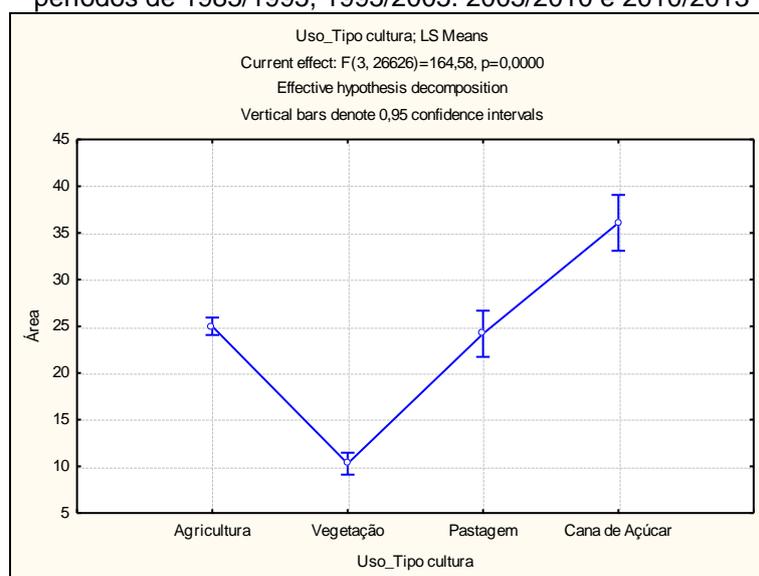
Tabela 14-Teste univariável para parametrização da área e do tipo de uso do solo

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	2730216	1	273026	2028,738	0,000000
Uso_Tipo cultura	664444	3	221481	164,576	0,000000
Período	73450	3	24483	18,193	0,000000
Uso_Tipo cultura*Período	169798	9	18866	14,019	0,000000
Error	35832487	26626	1346	-	-

Fonte: Análise Anova Fatorial

Para o período analisado tomou-se como referência a área de agricultura (culturas de ciclo curto, anuais) substituída por cana; a área de pastagem substituída por cana; a área de vegetação substituída por cana. Todos os cruzamentos foram realizados temporalmente, tendo como base os anos selecionados. O resultado desta análise pode ser visto na figura 29 que mostra o menor avanço da cana-de-açúcar sobre áreas de vegetação, seguida por pastagens, agricultura e, em maior proporção, a cana-de-açúcar. As médias destes dados (*mean*), o erro *standard* (Sta. Err) e o número de fragmentos (N) encontram-se na tabela 15. Esta mostrou menor média para a vegetação (10,29), seguida pela pastagem (24,20), depois agricultura (25,00) e por fim a cana-de-açúcar (36,07), com número de fragmentos que saltam de 1674 para 9789.

Figura 29 - Médias das áreas substituídas dentro da sucessão de uso por cana-de-açúcar nos períodos de 1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013



Fonte: Análise Anova Fatorial

Tabela 15- Médias (mean), erro standard (Sta. Err.) e o número de fragmentos (N) correspondentes a cada tipo de cobertura de uso do solo.

Uso_Tipo cultura	Área - Mean	Área - Std.Err.	Área - - 95,00%	Área - +95,00%	N
1 Agricultura	25,00019	0,473097	24,07289	25,92748	9474
2 Vegetação	10,28940	0,599005	9,11531	11,46348	9789
3 Pastagem	24,20012	1,261108	21,72828	26,67196	5705
4 Cana de Açúcar	36,06980	1,525815	33,07912	39,06047	1674

Fonte: Análise Anova Fatorial

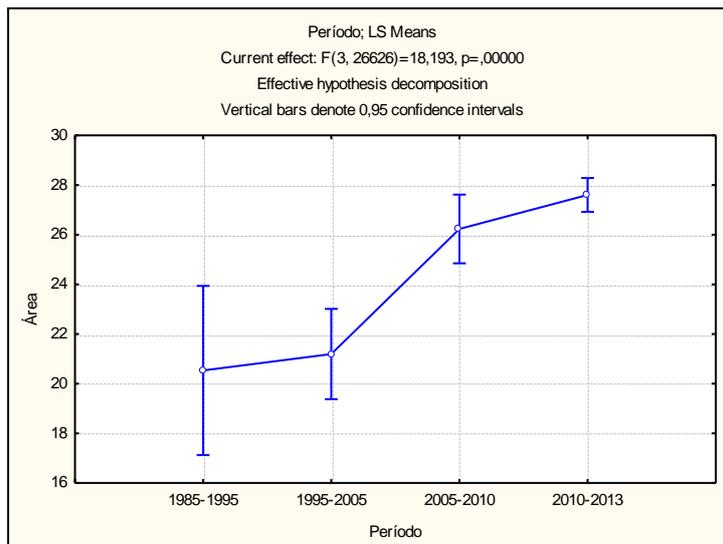
A aplicação do teste post-hoc de Turkey permitiu o cruzamento de todas as classes de uso do solo possibilitando conhecer a existência de diferenças entre elas. Assim, constataram-se diferenças significativas entre a área de cana-de-açúcar e a agricultura, vegetação e pastagem, agricultura e vegetação, por fim, vegetação e pastagem. Isto leva a concluir que houve um aumento estatisticamente significativo da expansão de área para plantio de cana-de-açúcar em áreas destinadas à cana (por difusão da área core), agricultura, pastagem e vegetação, nessa ordem (tabela 16). Também foi possível constatar que houve tendência de aumento nos dois últimos períodos, confirmada na figura 30.

Tabela 16-Análise da sucessão por meio da aplicação do teste Tukey

Uso_Tipo cultura	{1} - 27,049	{2} - 7,8654	{3} - 26,971	{4} - 43,971
1 Agricultura	-	0,000008	0,999274	0,000008
2 Vegetação	0,000008	-	0,000008	0,000008
3 Pastagem	0,999274	0,000008	-	0,000008
4 Cana de Açúcar	0,000008	0,000008	0,000008	-

Fonte: Análise Anova Fatorial

Figura 30 - Tendência de aumento da cana-de-açúcar no período analisado



A diferença temporal entre as médias apontaram valores que podem ser visualizados na tabela 17. Nesta etapa, é necessário ir além das médias por período. O ano de 2010/2013 é significativamente maior que o período de 2005/2010, 1995/2005 e 1985/1995, fato este que se repete em relação à 2005/2010 e os demais períodos. Nestas duas últimas ocasiões, deve-se destacar que o número de fragmentos é superior a 16254 e 6209, respectivamente.

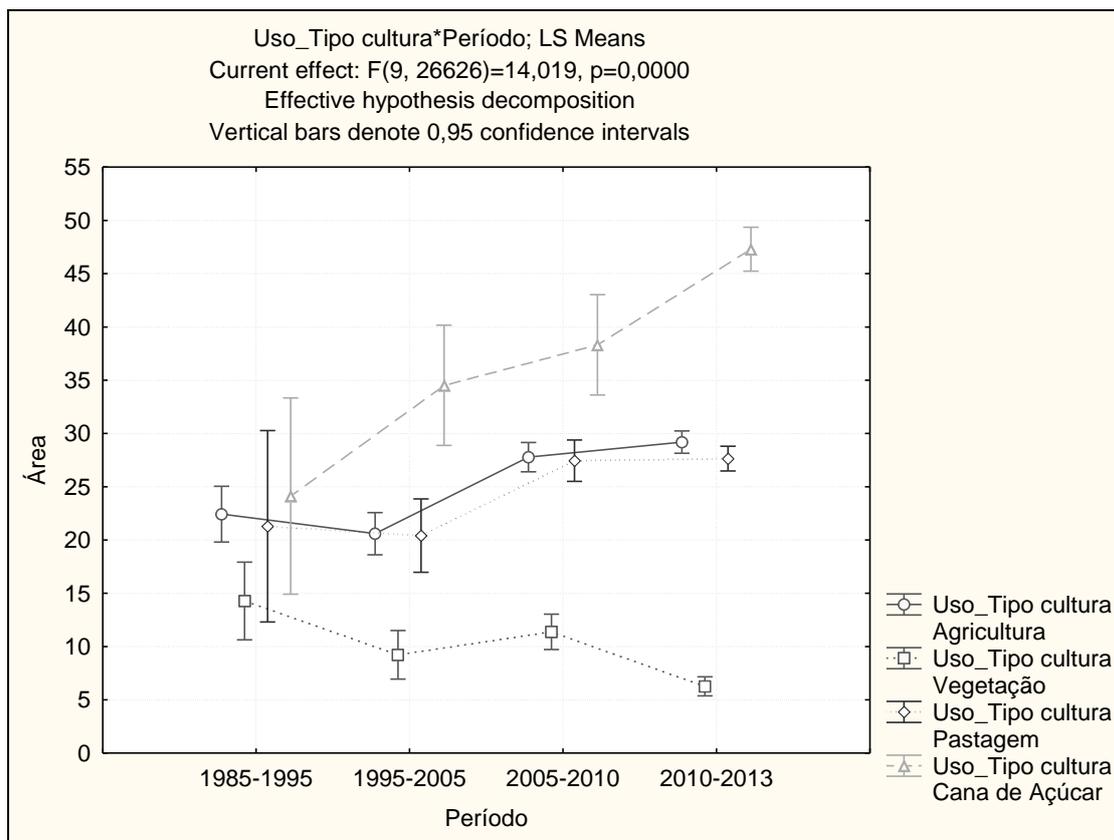
Tabela 17- Media temporal analisada: F(3, 26626)=18,193, p=,00000

	Período	Área - Mean	Área - Std.Err.	Área - -95,00%	Área - +95,00%	N
1	1985-1995	20,53331	1,737979	17,12678	23,93984	1270
2	1995-2005	21,19273	0,927745	19,37430	23,01116	2909
3	2005-2010	26,23307	0,705665	24,84993	27,61621	6209
4	2010-2013	27,60038	0,349121	26,91608	28,28468	16254

Fonte: Análise Anova Fatorial

As áreas substituídas pela cana-de-açúcar mantém, então, uma relação dual entre o tipo de cobertura e o período temporal. Nessa perspectiva, as análises sobre a sucessão de uso dos solos, perante o avanço da cana e sobre outras culturas foram significativas ($p=0,0000$). A figura 31 mostra que a cana avançou, principalmente, a partir de áreas que já produziam cana, seguidas pelas áreas produtoras de culturas anuais e pastagens, isso é, corroborando a ideia de difusão. É interessante destacar que o avanço da cana-de-açúcar sobre áreas de vegetação teve uma tendência de queda. A análise dessa figura confirma que o avanço sucroalcooleiro no Sudoeste Goiano ocorreu, predominantemente, sobre áreas agrícolas buscando as melhores áreas para produção agrícolas das quais estão relacionadas a menores níveis de investimentos.

Figura 31 - Dinâmica da substituição da cana-de-açúcar nas sucessões analisadas



Fonte: Análise Anova Fatorial

Os valores da área de cana-de-açúcar são estatisticamente significativos, em relação aos outros períodos analisados. Há tendência de contínuo crescimento, pois há uma diferença significativa entre as médias entre os períodos: período 24,12845; segundo 34,52549; terceiro 38,32404 e quarto 47,30121 (tabela 18).

A análise estatística ANOVA Fatorial, seguida pelo teste post-hot de Tukey corroboraram, estatisticamente, a dinâmica da expansão canavieira constatada para o Sudoeste Goiano no período de 1985 a 2013, mostrando a manutenção das áreas já implantadas por esta cultura e o avanço sobre as áreas agrícolas vizinhas, por difusão, seguidas pela pastagem e vegetação, confirmando a hipótese inicial.

Em síntese, o teste estatístico confirmou as observações espaciais anteriores

Tabela 18- Uso do solo (cana, agricultura, pastagem e vegetação) por período: $F(9, 26626)=14,019$, $p=0,0000$

	Uso_Tipo cultura	Período	Área - Mean	Área - Std.Err.	Área - - 95,00%	Área - +95,00%	N
1	Agricultura	1985-1995	22,43139	1,334211	19,81627	25,04652	756
2	Agricultura	1995-2005	20,59617	1,009714	18,61708	22,57527	1320
3	Agricultura	2005-2010	27,78018	0,702366	26,40351	29,15686	2728
4	Agricultura	2010-2013	29,19300	0,536818	28,14081	30,24519	4670
5	Vegetação	1985-1995	14,28090	1,859990	10,63522	17,92658	389
6	Vegetação	1995-2005	9,23010	1,165329	6,94600	11,51421	991
7	Vegetação	2005-2010	11,37921	0,846972	9,71910	13,03932	1876
8	Vegetação	2010-2013	6,26737	0,453868	5,37776	7,15697	6533
9	Pastagem	1985-1995	21,29250	4,585593	12,30450	30,28051	64
10	Pastagem	1995-2005	20,41917	1,756881	16,97559	23,86275	436
11	Pastagem	2005-2010	27,44885	0,990395	25,50763	29,39008	1372
12	Pastagem	2010-2013	27,63995	0,592538	26,47855	28,80136	3833
13	Cana de Açúcar	1985-1995	24,12845	4,697000	14,92208	33,33482	61
14	Cana de Açúcar	1995-2005	34,52549	2,882226	28,87617	40,17480	162
15	Cana de Açúcar	2005-2010	38,32404	2,403298	33,61345	43,03464	233
16	Cana de Açúcar	2010-2013	47,30121	1,051143	45,24091	49,36150	1218

Fonte: Análise Anova Fatorial do tipo cultura por período.

O cruzamento destas informações pode ser observado no teste post-hoc Tukey (Tabela 19).

Tabela 19- Discriminação das diferenças entre os usos dos solos-1985-2013

	Uso_Tipo cultura	Período	{1} - 22,431	{2} - 20,596	{3} - 27,780	{4} - 29,193	{5} - 14,281	{6} - 9,2301	{7} - 11,379	{8} - 6,2674	{9} - 21,293	{10} - 20,419	{11} - 27,449	{12} - 27,640	{13} - 24,128	{14} - 34,525	{15} - 38,324	{16} - 47,301
1	Agricultura	1985-1995		0,99941	0,03360	0,00030	0,03213	0,00002	0,00002	0,00002	1,00000	0,99994	0,16047	0,03136	1,00000	0,01334	0,00003	0,00002
2	Agricultura	1995-2005	0,99941	3	0,00003	0,00002	0,17547	0,00002	0,00002	0,00002	1,00000	1,00000	0,00016	0,00003	0,99999	0,00057	0,00002	0,00002
3	Agricultura	2005-2010	0,03360	0,00003	0	0,96905	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,99136	0,00977	1,00000	1,00000	0,99999	0,64347	0,00268	0,00002
4	Agricultura	2010-2013	0,00030	0,00002	0,96905	1	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,94439	0,00022	0,97680	0,85621	0,99955	0,91009	0,01922	0,00002
5	Vegetação	1985-1995	0,03213	0,17547	0,00002	0,00002	0,62291	0,98993	0,00298	0,99014	0,54820	0,00002	0,00002	0,85275	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002
6	Vegetação	1995-2005	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,62291	0,98364	0,57122	0,43478	0,00004	0,00002	0,00002	0,13777	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
7	Vegetação	2005-2010	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,98993	0,98364	0,98993	0,00004	0,74856	0,00041	0,00002	0,00002	0,34917	0,00002	0,00002	0,00002
8	Vegetação	2010-2013	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00298	0,57122	0,00004	0,08294	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,01452	0,00002	0,00002	0,00002
9	Pastagem	1985-1995	1,00000	1,00000	0,99136	0,94439	0,99014	0,43478	0,74856	0,08294	1,00000	0,99554	0,99285	1,00000	0,51445	0,07612	0,00003	0,00003
10	Pastagem	1995-2005	0,99994	1,00000	0,00977	0,00022	0,54820	0,00004	0,00041	0,00002	1,00000	0,04126	0,00962	0,99999	0,00307	0,00003	0,00003	0,00002
11	Pastagem	2005-2010	0,16047	0,00016	1,00000	0,97680	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,99554	0,04126	1,00000	0,99999	0,60713	0,00300	0,00002	0,00002
12	Pastagem	2010-2013	0,03136	0,00003	1,00000	0,85621	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,99285	0,00962	1,00000	0,99999	0,59342	0,00171	0,00002	0,00002
13	Cana de Açúcar	1985-1995	1,00000	0,99999	0,99999	0,99955	0,85275	0,13777	0,34917	0,01452	1,00000	0,99999	0,99999	0,99999	0,88247	0,33640	0,00018	0,00018
14	Cana de Açúcar	1995-2005	0,01334	0,00057	0,64347	0,91009	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002	0,51445	0,00307	0,60713	0,59342	0,88247	0,99977	0,00326	0,00326
15	Cana de Açúcar	2005-2010	0,00003	0,00002	0,00268	0,01922	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,07612	0,00003	0,00300	0,00171	0,33640	0,99977	0,05059	0,05059
16	Cana de Açúcar	2010-2013	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002	0,00018	0,00326	0,05059	0,05059

Fonte: Teste post-hot Tukey

Conclusões

A análise das mudanças de uso do solo com ênfase na expansão da cultura canavieira no Sudoeste Goiano permitiu concluir que:

1. As mudanças de uso do solo na RPSG podem ser agrupadas em três classes de sucessão: culturas anuais/cana, pastagens/cana e vegetação nativa/cana. A primeira caracteriza o início da expansão de 1985 a 1995, correlacionável aos efeitos do PROÁLCOOL, enquanto as duas outras caracterizam a dinâmica atual propriamente dita, entre 2005 e 2013, correlacionáveis ao PNA e ao ZAE- Cana;
2. A expansão sucroalcooleira na RPSG ocorreu inicialmente sobre áreas agrícolas (culturas anuais). No entanto, nos últimos anos ganhou evidência a conversão sobre as áreas de pastagens e de vegetação natural. A sucessão da cana sobre áreas de pecuária favorece impactos indiretos sobre a vegetação remanescente, que passa a ser convertida em pastos ou em culturas anuais, favorecendo a degradação ambiental do Cerrado;
3. Os efeitos da substituição das pastagens pela cana, em princípio atenderia às políticas públicas e instruções normativas vigentes, entretanto, o surgimento das pastagens interligadas mais à abertura de novas áreas agrícolas à custa da conversão de áreas com vegetação natural, dado que a cana substituiu essas áreas, evidencia uma pressão direta sobre as áreas remanescentes de Cerrado, paralelamente ao avanço da cana sobre áreas de culturas anuais; o que se constata é que isto contraria claramente a política governamental federal e a instrução normativa da SEMARH-GO, além de se traduzir como impacto indireto da cana e direto das culturas anuais e pastos sobre essas áreas, ambos negativos da referida expansão;
4. A conversão de áreas com culturas anuais em cana iniciou-se antes das políticas públicas recentes para o setor, PNAE ou PNA e o ZAE-cana, logo o Estado não induziu a recente expansão e sim o próprio setor sucroalcooleiro. E tampouco regulamentou os efeitos das externalidades da expansão canavieira, delegando esse controle aos estados, deixando-o à livre iniciativa privada, que terá no mercado o eventual controle, o que revela uma política neoliberal, inclusive quanto à conversão de áreas de remanescentes naturais em cana. Tais interpretações sugerem a continuidade do modelo de economia neoliberal adotada claramente no país desde o final da década de 1980;
5. A sucessão de uso dos solos no Sudoeste Goiano, quanto à substituição da cana-de-açúcar, mostrou que o seu avanço ocorre, em maior parte, em áreas onde há o cultivo canavieiro seguido por áreas de agricultura (culturas anuais). Isso submete que a cana-de-açúcar avança para áreas de ocupação agrícola. Esta condição é apontada como uma

tendência de expansão na região que entra em confronto com as diretrizes ambientais que discutem a relação entre a produção de alimentos e os biocombustíveis. Este fenômeno é seguido pela substituição de áreas de pastagens por cana-de-açúcar e, apresentando redução, a substituição de áreas de vegetação natural;

6. Este avanço é dividido pelos períodos aqui trabalhados, o PROÁLCOOL (1985/1995) e o PNA (1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013). No primeiro, a cana-de-açúcar substituiu, majoritariamente, áreas de culturas anuais e de vegetação nativa. No segundo, houve alterações nas quais a cana-de-açúcar teve a sua substituição primordial sobre áreas de culturas anuais e pastagens;

7. Observou-se que as análises estatísticas corroboraram o avanço da cana sobre áreas de vegetação nativa (Cerrado), que apresenta redução a partir da sucessão de 2005/2010. Esta característica se relaciona ao período do PNA, e mostra queda da substituição da vegetação pelo setor sucroalcooleiro;

Referências

ABDALA, K.O; CASTRO, S.S. Dinâmica do uso do solo da expansão sucroalcooleira na microrregião de Meia Ponte, Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 62/04, p. 661-674. dez. 2010. Disponível em: <http://www.rbc.ufrj.br/_2010/_RBC62_4.htm>. Acesso em 02 de Abril de 2012.

ABDALA, K.O; RIBEIRO, F.L. Análise dos Impactos da Competição pelo Uso do Solo no Estado de Goiás Durante o Período 200 a 2009 Proveniente da Expansão do Complexo Sucroalcooleiro. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, p. 373-400, out-dez. 2011. Disponível em: http://www.scielo.com.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0034-714020110004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 de out. 2013.

AGUIAR, A.P.D. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais In: CAMARA, G. MONTEIRO. A.M.V. (Org) Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial. 1.ed. São José dos Campos, 2003.

AGUIAR, D.A. ADAMI, M. RUDORFF, B.F.T, SUGAWARA, L.M, FREITAS, R.M. Avaliação da Conversão do uso e ocupação do Solo para Cana-de-Açúcar Utilizando Imagens de Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN, Brasil, **XIV Anais**, INPE, p. 5547-5554.

AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br/>> Acesso em 13 de Fevereiro de 2013.

ALVES, A.R; MOTA, J.A. Produção de Etanol e Seus Impactos Sobre o Uso da Terra no Brasil. In: **Sustentabilidade Ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília: IPEA, 2010. Cap. 14. p. 413-440. ISBN 978-85-7811-054-3.

BARBALHO, M.G.S; SILVA, A.A; CASTRO, S.S. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 29, p. 98-110, set. 2013. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/images/online/Materia_8_artigos365.pdf>. Acesso em: 28 Mar. 2014.

BORGES, V.M.S. **Formação de Uma Nova Centralidade do Setor Energético em Goiás**: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás. 2011, 238 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf >. Acesso em: 20 ag. 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Base cartográfica, em formato vetorial, representando as Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE), as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e as Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) do Brasil**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 13 de set. 2013.

CAMELINI, J.H; CASTILHO, R. Etanol e Uso Corporativo do Território. **Revista Mecartor**. Foz de Iguaçu, v. 11, n. 25, p.7-18. mai/ago, 2012. Disponível em: <<http://www.mercator.com.br>>. Acesso em: 24 ago. 2013.

CASTRO, S.S, BORGES, R. O, SILVA, A.A. da, BARBALHO, M. G. da S. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In: II Fórum de C&T no Cerrado, 2007, Goiânia. Artigo completo. Goiânia: Sociedade Brasileira de Pesquisa Científica, 2007.

CASTRO, S.S et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg>>. Acesso em: 02 de jun. de 2013.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento/Dezembro. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

FRANCO, I, O; ASSUNÇÃO, H.F. Usos do Solo no Advento do Agronegócio no Sudoeste de Goiás: Estudo de caso do município de Jataí. **Revista Ciência e Cultura**. São Paulo, v.63, n. 3, jul. 2013. Disponível em: < <http://cienciaecultura.bvs.br/>>. Acesso em: 01 Jul. 2013.

FERRAZ, R. P. D. **Sistema de indicadores para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica e monitoramento da cultura da cana-de-açúcar**: contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canavieira. 2012, 323 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente)-Doutorado Multidisciplinar, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

GUIMARÃES, A. P. O complexo agroindustrial. **Revista Reforma Agrária**. Brasília, ano VI, n. 6, p. 02-13, jan./fev. 1976. Disponível em: <http://file:///C:/Users/user/Downloads/1_2_jan_fev1976.pdf>. Acesso em 30 Jun. 2015.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Caracterização Climática do Estado de Goiás. Goiânia, 2006.133 p. il. (Série Geologia e Mineração n. 3).

HINRICH, R.A, KLEINBACH, M. REIS, L.B. **Energia e Meio Ambiente**. 4 ed. São Paulo, CENGAGE Learning , 2010, 708 p. Inclui índice. ISBN 978-85-221-0714-8.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso das Terras. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências).

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. (2005) **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 67 p.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA . Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_23-08-2013.pdf>. Acesso em: 24 de ago. 2014.

MANZATTO, et. al. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar: expandir a produção, preservar a vida e garantir o futuro**. EMBRAPA Solos. 1.ed. Rio de Janeiro, 2009, 55 p.

MENKE, A.B. et. al. Análise das Mudanças do Uso Agrícola da Terra a Partir de Dados de Sensoriamento Remoto Multitemporal no Município de Luiz Eduardo Magalhães. **Sociedade & Natureza**. v.21, n. 3, p. 315-326, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9657>>. Acesso em 08 de mai. de 2013.

PRADO, L.A; MIZIARA, F; FERREIRA, M.E. A. Expansão da Fronteira Agrícola e Mudanças no Uso do Solo na Região Sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 32, n. 1, p. 151-165, 2012. Disponível em: < <http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/18962>>. Acesso em 01 de mai. de 2013.

PIETRAFESA, J.P; SAUER, S; SANTOS, A.E.A.F. Políticas de Recursos Públicos na Expansão dos Agrocombustíveis em Goiás: ocupação de novos espaços em áreas de cerrado. In: **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza**. 1ed. Goiânia: PUC, 2011, p.93-122.

RIBEIRO, N.V, **Expansão Sucroalcooleira no Bioma Cerrado: Tendências, cenários e impactos**. 2010. 82 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - AGÊNCIA GOIANA DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa nº. 001/2007, de 14 de junho de 2007. **Diário Oficial/GO**, Goiânia, GO, 21 jun. 2007.

SEPLAN-Secretaria do Estado de Gestão e Planejamento. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <<http://www.segplan.go.gov.br/>> Acesso em: 05 de Fevereiro de 2013.

SEPIN-Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas. Disponível em <<http://www.seplan.go.gov.br/sepim/>>. Acesso em: 22 de Abril de 2012.

SIEG-Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso em 10 de Fevereiro de 2013.

SILVA, A.A; CASTRO, S.S. Dinâmica de uso da terra e expansão da cana-de-açúcar entre os anos de 2004 a 2010, na microrregião de Quirinópolis, In: **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza**. 1. ed. Goiânia, PUC, 2011, p.155-187.

SILVA, A.A; CASTRO, S.S. Identificação de Parâmetros de Suscetibilidade e Riscos a Impactos nos Solos do Cerrado Goiano Sob Cultivo de Cana-de-Açúcar: o caso de Quirinópolis, Goiás. In: Seminário Interno da Pós-Graduação, 2010, Goiânia, **Anais: Seminário Interno Mestrado e Doutorado**. Goiânia, GO.

THEODORO, S. H; LEONARDOS, O. H; DUARTE, L.M.G. Cerrado: o celeiro saqueado. In: GOULART, D. THEODORO, S. H. (Orgs) **Dilemas do cerrado: entre o ecologicamente (in) correto e o socialmente (in) justo**. 1 ed. Rio de Janeiro, Garamond, 2002, p.145-176.

5 Aptidão Agrícola do Uso das Terras e a Expansão Canavieira na Região do Sudoeste Goiano

Introdução

O Bioma Cerrado passou por grandes mudanças de uso e ocupação das suas terras durante os últimos 40 anos, resultantes do avanço da fronteira agrícola intensificada na década de 1970-80 e, mais recentemente, sobretudo desde 2000, da produção bioenergética, principalmente da cana-de-açúcar (CASTRO et al., 2010; CAMELINI; CASTILHO, 2012). Esse processo promoveu a reconfiguração de cenários de produção diante do avanço sobre as áreas com restrições ao uso ou facilmente degradáveis e sem o manejo conservacionista adequado (FERRAZ; SIMÕES; DUBREUIL 2013), que obedeceu a padrões espaciais, com relatados no capítulo anterior.

Nesse processo a Região de Planejamento do Sudoeste Goiano-RPSG passou por alterações estruturais, porém manteve um contínuo aumento da produção agrícola pautada na dinâmica de produção em grande escala. Em consequência, as mudanças de uso de solo resultaram na redução das áreas de Cerrado e na instalação de novos modelos políticos-setoriais que interliga a RPSG ao restante do país, com base num modelo agroexportador ancorado nas grandes propriedades rurais, como as grandes linhas de incentivo no período da Revolução Verde, o financiamento da produção sucroalcooleira durante o PROÁLCOOL e a recente expansão caracterizada pelo Plano Nacional de Agroenergia.

Acrescente-se que quando o estado de Goiás foi alvo de grandes investimentos no agronegócio com foco principal na RPSG, associados à modernização da agricultura, esta se tornou uma das principais regiões brasileiras de produção de grãos à custa dos recursos naturais que sofreram impactos resultantes da conversão agropecuária das terras e ainda continuam sofrendo novos impactos devido à reconversão de áreas de grãos e pastos à produção canavieira (LIMA, 2010; PIETRAFESA; CASTRO; TRINDADE, 2012).

Como já exposto, observações preliminares na RPSG sobre a expansão recente da cana-de-açúcar, sobretudo desde 2000, revelaram que esta começou em 2004, antes mesmo do Plano Nacional de Agroenergia/PNA (2006-2011), sobre os melhores solos (BARBALHO; SILVA e CASTRO, 2013). Entretanto, desde 2008 é observado que o setor sucroalcooleiro está avançando sobre áreas de solos frágeis, rumo a oeste, como os

Neossolos Quartzarênicos, solos estes arenosos e de elevada erodibilidade (SALOMÃO, 1998), e até mesmo ocupando áreas de proteção ambiental ou de baixa aptidão ao uso ou ainda de restrição ao uso, principalmente devido sua grande suscetibilidade erosiva, o que as torna bastante vulneráveis. Em consequência, a dinâmica de expansão da cana-de-açúcar leva a retomar a discussão do século passado sobre a disponibilidade de terras e produção sustentável (MACEDO, 2007).

Segundo Ramalho Filho e Beek (1995), como resumido por Castro et al. (2007), a Avaliação da Aptidão Agrícola do Uso das Terras propõe um método de classificação das terras diante das suas características naturais, com base nos atributos do solo (textura, drenagem, porosidade, fertilidade, declives, etc), caracterizando-se como uma ferramenta robusta de diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, com o fim de implementar a sustentabilidade por meio do uso racional das terras. Comparar as classes de aptidão aos usos praticados pode auxiliar na detecção de áreas de conflito de uso, onde a discrepância pode responder pelos impactos negativos.

Este capítulo parte da hipótese de que a cana-de-açúcar avança inicialmente para áreas com melhor aptidão agrícola, representadas pelos melhores solos principalmente quanto à mecanização e produção agroindustrial, mas posteriormente passam a substituir áreas de menor aptidão agrícola, sobretudo as de solos frágeis destinadas às pastagens.

O objetivo deste capítulo é avaliar a expansão da cana-de-açúcar na RPSG em relação à aptidão agrícola das suas terras, de modo a obter indicadores das discrepâncias entre a aptidão e o uso com cana, sobretudo para as áreas dominadas por solos frágeis e com restrições ambientais e suas consequências.

5.1 Análise do Meio Físico, da Aptidão do Uso das Terras e da Expansão Sucroalcooleira

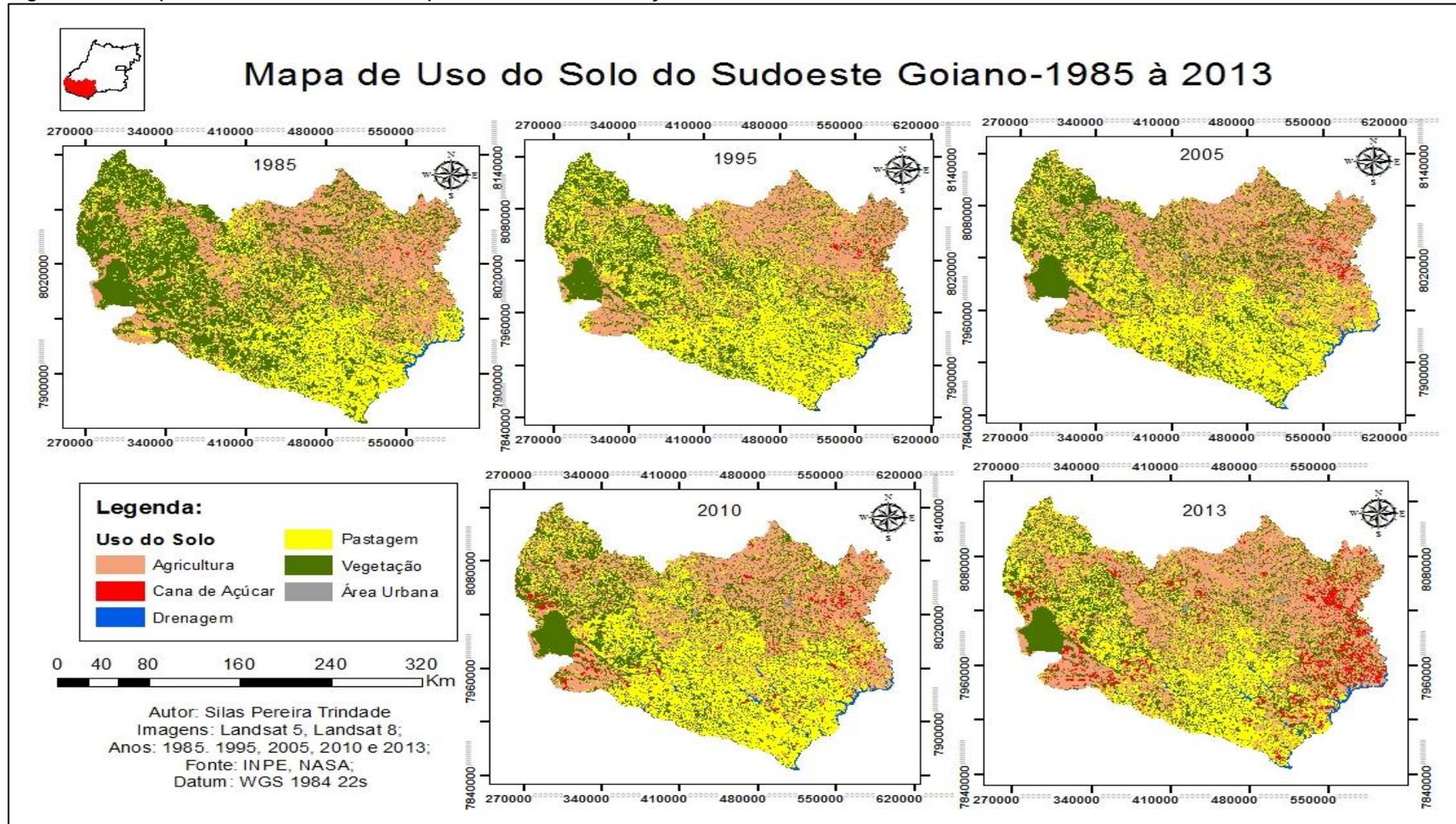
A Figura 32 apresenta a evolução da expansão das áreas de cultivo da cana de açúcar nos anos já indicados. Os mapas de uso de solo que compõem essa figura permitem analisar comparativamente os avanços da cana nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013, sendo dois antes da expansão (PROÁLCOOL) e dois concomitantes à expansão mais recente (PNA), respectivamente. Mostra que o avanço iniciou-se a leste-nordeste da RPSG, principalmente sobre áreas antes ocupadas com culturas anuais e prosseguiu para oeste, inicialmente por difusão e depois dispersando-se sobre áreas de pastagens, portanto revelando padrões espaciais diferentes.

A cana-de-açúcar avançou inicialmente sobre os melhores solos, os Latossolos Vermelhos, associados às Superfícies Regionais de Aplainamento (chapadas ou chapadões) e promoveu uma redistribuição regional dos usos, tanto por impactos diretos como indiretos (CAMELINI; CASTILHO, 2013; CASTRO et al., 2010; BARBALHO; SILVA e CASTRO, 2013). Diretos ao ocupar áreas usadas anteriormente para o cultivo de grãos, principalmente soja e milho, seguidas por áreas de pastagens extensivas para corte (carne) e mesmo de vegetação natural. Indiretos quando as culturas e pastagens substituídas migraram para outros pontos da região ou mesmo desapareceram migrando para fora desta.

Observa-se ainda seu rápido crescimento a partir dos anos de 2000, sobretudo de 2005 para 2010 e deste para 2013, em que se destacam os anos entre 2005, 2010 e 2013 com crescimento de 185%. Os resultados revelam também que a taxa de crescimento da área com cana se manteve acima de 100% (Figura 33).

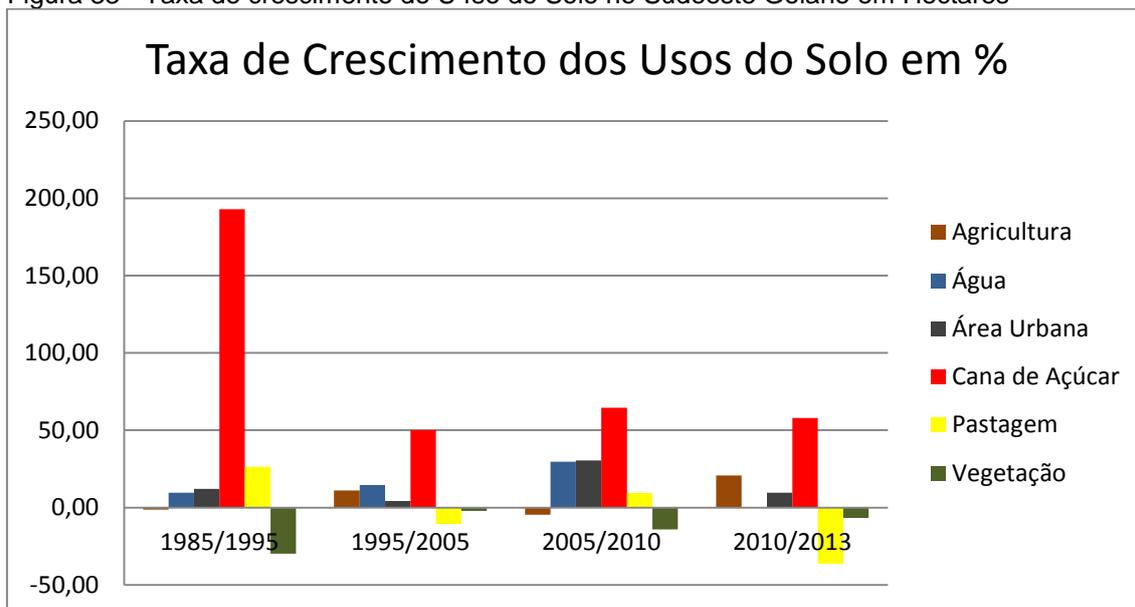
O mapa de solos (Figura 34) mostra que na RPSG predominam os Latossolos Vermelhos, os quais cobrem 85% do total da região, subdivididos em seis subclasses. Os primeiros projetos canavieiros instalados nas décadas de 1970 e até 1995 mostram que sua concentração ocorreu nessa classe de solos, certamente por apresentarem as melhores condições de aptidão agrícola (tabela 20). Entretanto, observa-se a existência de áreas de solos que requerem maiores cuidados quanto ao seu uso e manejo, como os Neossolos Quartzarênicos, que se posicionam a noroeste e sudoeste da região, sobre os arenitos da Formação Botucatu (que armazena o Aquífero Guarani), além de Gleissolos, que se encontram nas baixadas fluviais.

Figura 32 - Mapas de uso do solo e a expansão da cana-de-açúcar na RPSG-1985-2013



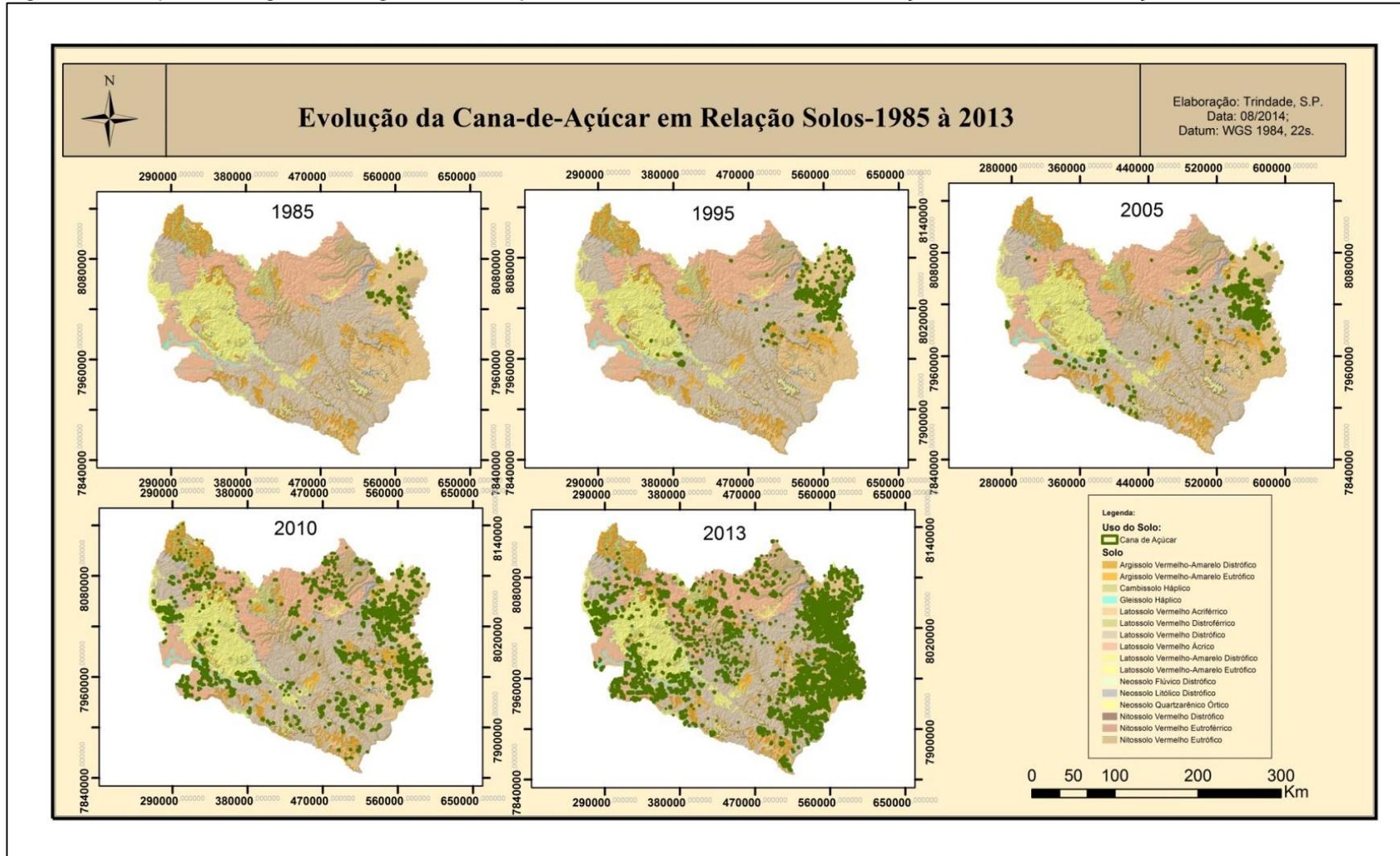
Fonte: Interpretação de imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013;

Figura 33 - Taxa de crescimento do U4so do Solo no Sudoeste Goiano em Hectares



Fonte: Mapas de uso do solo interpretados das imagens de satélite Landsat TM5 e TM8 dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013;

Figura 34 - Mapa Pedológico da Região de Planejamento do Sudoeste Goiano da relação solos e cana-de-açúcar-1985-2013



Fonte: Mapa de Solos Refinado, RADAM Brasil/Embrapa, Mapa de Uso dos Solos.

Organização: Trindade, S.P; Nunes, E (Mapa de Solos).

Tabela 20-Distribuição dos solos e sua participação percentual na região do Sudoeste Goiano com percentual de área ocupada por cana. 1985-2013

Solo	1985	%	1995	%	2005	%	2010	%	2013	%
	(hectares)		(hectares)		(hectares)		(hectares)		(hectares)	
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,00	0,00	1,40	0,01	388,58	0,76	3.437,52	2,39	9.217,54	2,70
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	0,00	0,00	687,06	2,63	978,21	1,92	6.906,02	4,81	17.877,05	5,24
Cambissolo Háplico	0,00	0,00	57,71	0,22	39,32	0,08	159,00	0,11	688,12	0,20
Gleissolo Háplico	0,00	0,00	551,41	2,11	3.000,69	5,90	854,22	0,59	1.270,06	0,37
Latossolo Vermelho Ácrico	87,66	1,14	16.687,18	63,78	31.937,83	62,83	28.563,76	19,88	42.414,29	12,44
Latossolo Vermelho Acriférrico	6.346,28	82,81	2.794,59	10,68	8.675,45	17,07	45.795,95	31,87	146.727,62	43,04
Latossolo Vermelho Distroférico	290,45	3,79	73,90	0,28	0,00	0,00	330,77	0,23	3.306,56	0,97
Latossolo Vermelho Distrófico	0,00	0,00	58,74	0,22	0,00	0,00	34.894,41	24,29	64.199,65	18,83
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,00	0,00	355,31	1,36	514,00	1,01	1.681,16	1,17	5.968,81	1,75
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	0,00	0,00	430,82	1,65	0,00	0,00	957,43	0,67	1.233,41	0,36
Neossolo Flúvico Distrófico	0,00	0,00	58,74	0,22	0,00	0,00	5,25	0,00	2,41	0,00
Neossolo Litólico Distrófico	0,00	0,00	355,31	1,36	230,88	0,45	3.495,84	2,43	5.206,81	1,53
Neossolo Quartzarênico Órtico	0,00	0,00	430,82	1,65	477,32	0,94	8.992,91	6,26	19.874,80	5,83
Nitossolo Vermelho Eutroférico	3,72	0,05	83,98	0,32	211,83	0,42	60,31	0,04	266,94	0,08
Nitossolo Vermelho Eutrófico	935,14	12,20	3.534,91	13,51	4.381,24	8,62	7.550,13	5,25	22.626,78	6,64
Total	7.663,25	100,00	26.161,87	100,00	50.835,35	100,00	143.684,69	100,00	340.880,85	100

Fonte: Refinamento do Mapa de Solos.

Pela tabela 20 é possível observar que dentre as classes de solos encontradas na região, destacam-se para os Latossolos Vermelhos, nas subclasses Distróficos (29,34%), Ácricos (18,81%) e os Acriféricos (13,23%) que, juntos, somam mais de 60% da área regional; secundariamente ocorrem os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos (6,63%) e Vermelho-Amarelo Eutrófico (3,14%) e, por fim, os Neossolos Quartzarênicos Órticos (11,87%). Ao se observar o uso com cana por tipo de solo, nessa mesma tabela, pode-se constatar o predomínio nas áreas de Latossolos, corroborando o exposto quanto ao foco nos Latossolos Vermelhos.

O mapa da declividade (Figura 35) permite observar a predominância de um relevo com baixos níveis de dissecção. A maior parte do Sudoeste Goiano se encontra em áreas com declividades $\leq 12\%$, somando quase 90% (tabela 21), Tais classes favorecem a agricultura motomecanizada, agregando grande valor de produção diante do ganho de eficiência nas etapas do processo produtivo, como é o caso da cana-de-açúcar, sendo 12% considerados como limite para o cultivo e a colheita mecânica. Já as áreas de relevo ondulado e forte ondulado são restritas, com baixo ou nulo potencial para a agricultura. As áreas de relevo plano e suavemente ondulado correspondem às chapadas e são dominantes, enquanto as demais áreas com declividade mais acentuada encontram-se nas bordas de chapada, sendo muito estreitas alongadas e concentradas na porção a noroeste, sobretudo no município de Mineiros.

O mapa de suscetibilidade erosiva laminar (Figura 36) e a distribuição das classes (tabela 22) mostram que a região apresenta grandes áreas que variam de Pouco a Não Suscetíveis à erosão, que somadas chegam a ocupar 74,33% e, em menor proporção ($\approx 26,00\%$), ocorrem áreas com maior risco à erosão. As áreas com menor suscetibilidade à erosão laminar favorecem, em sua maioria, grandes investimentos de capital, devido à baixa a demanda de conservação dos solos, enquanto as com maior potencial à erosão, necessitam de cuidados especiais e de altos investimentos na produção.

A aptidão ao uso das terras é apresentada na Figura 37, onde é possível destacar os grupos identificados na região, dentre os quais são destacados os usos recomendados em: Agricultura Moderna, Agricultura Rudimentar, Pastagem Plantada, Pastagem Natural, Silvicultura e Áreas Inaptas para Uso Comercial ou Áreas de Preservação.

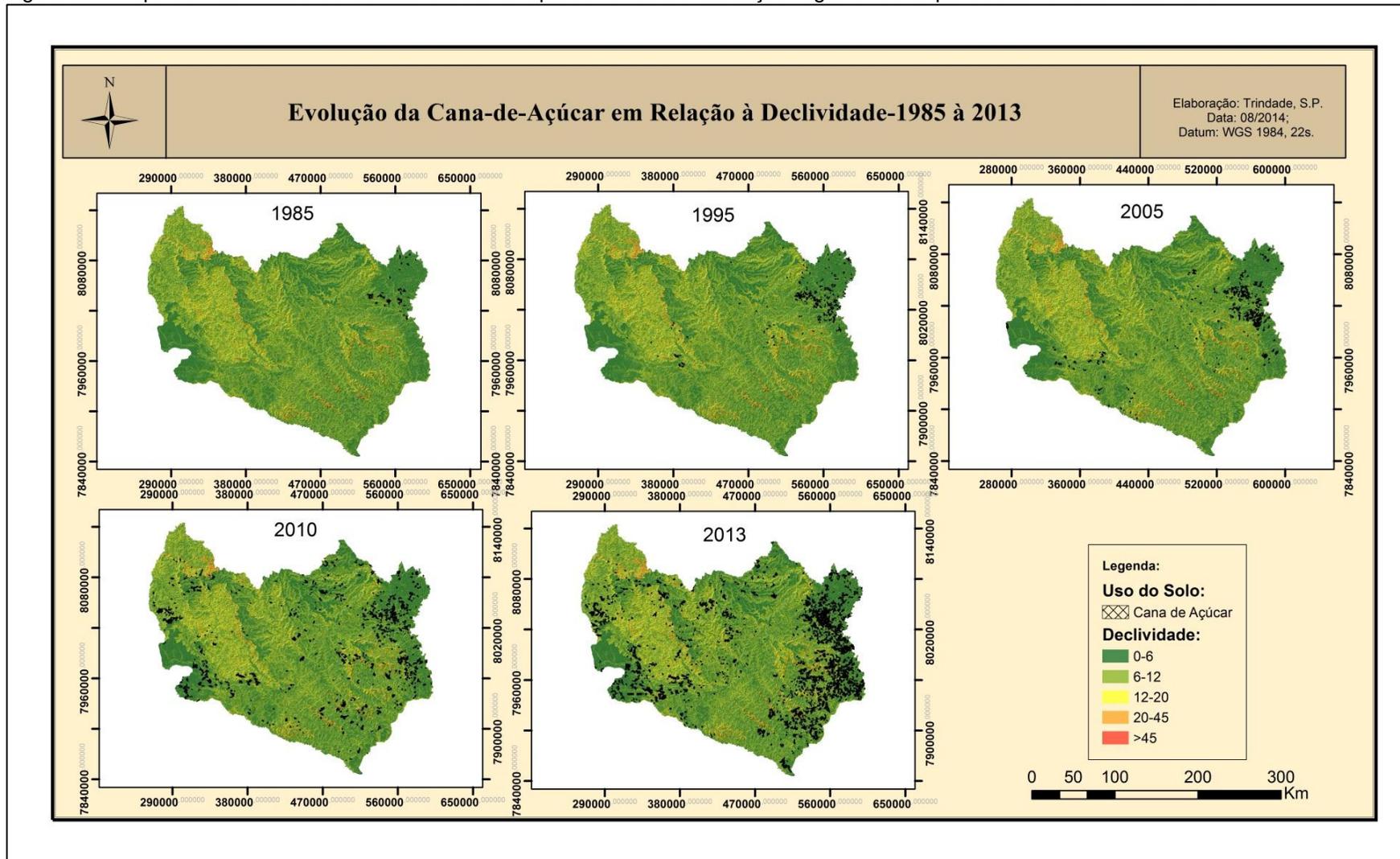
Os Argissolos foram classificados em acordo com sua suscetibilidade à erosão laminar e impedimentos à mecanização, apresentando duas subclasses, de maior e menor declividade. Os de menor declividade foram integrados à Classe 2, Subclasse 2bc de AUT, enquanto os de maior declividade foram classificados como aptos para

pastagens, reflorestamentos ou preservação, equivalendo à classe 3(ab) 4(p) e, em alguns casos, apresentam a classe 6.

Os Cambissolos foram classificados tomando como base os relevos ondulados. Estes solos apresentam características de imperfeitamente drenados. Estes solos apresentam fertilidade natural variável, textura média a argilosa, argila de atividade baixa e podem ser cascalhentos a pedregosos. Estes solos foram classificados nos Grupos 4, 5 e 6 de AUT, dependendo dos níveis de declividade, no geral apresentando potencial para pastagens naturais, silvicultura e áreas restritas ao cultivo.

Os Gleissolos devido às suas características físico-químicas, agregado ao seu ambiente de formação, podem ser caracterizados como pertencentes ao Grupo 2 de AUT, indicado para uso por lavouras. Entretanto, devido à sua característica de saturação de água o ano todo, e a proximidade com as áreas de preservação permanente de canais de drenagem além de dificuldades para mecanização, foram enquadrados como áreas de uso restrito, apresentando limitações ambientais, pertencendo ao Grupo 6.

Figura 35 - Mapa de Declividade do Sudoeste Goiano representando a dissecação regional e a expansão canieira-1985-2013.



Fonte: Topodata/INPE e Mapa de Uso dos Solos.

Tabela 21-Classes de Declividade do Sudoeste Goiano- 1985-2013

Declividade	1985 (Ha)	%	1995 (Ha)	%	2005 (Ha)	%	2010 (Ha)	%	2013 (Ha)	%
0 a 6	5.342,88	69,72	14.545,47	57,45	30.196,65	59,40	78.805,08	54,85	183.993,25	53,98
6 a 12	2.286,73	29,84	9.509,13	37,56	18.909,33	37,20	57.405,08	39,95	143.671,78	42,15
12 a 20	33,64	0,44	399,34	1,58	624,86	1,23	5.641,83	3,93	11.008,48	3,23
20 a 45	0,00	0,00	516,57	2,04	926,10	1,82	1.399,65	0,97	1.679,94	0,49
>45	0,00	0,00	346,47	1,37	178,41	0,35	433,05	0,30	527,40	0,15
Total	7.663,25	100,00	25.316,99	100,00	50.835,35	100,00	143.684,69	100,00	340.880,85	100,00

Fonte: Mapa de declividade do Sudoeste Goiano

Tabela 22-Suscetibilidade erosiva no Sudoeste Goiano- 1985-2013

Suscetibilidade	1985 (Ha)	%	1995 (Ha)	%	2005 (Ha)	%	2010 (Ha)	%	2013 (Ha)	%
V	5.342,88	69,72	14.545,47	57,45	30.196,65	59,40	78.805,08	54,85	168.437,84	49,41
IV	2.320,37	30,28	9.509,13	37,56	18.909,33	37,20	57.405,08	39,95	126.640,86	37,15
III	0,00	0,00	399,34	1,58	624,86	1,23	5.641,83	3,93	13.160,46	3,86
II	0,00	0,00	516,57	2,04	926,10	1,82	1.399,65	0,97	27.194,49	7,98
I	0,00	0,00	346,47	1,37	178,41	0,35	433,05	0,30	5.447,19	1,60
Total	7.663,25	100	25.316,99	100	50.835,35	100	143.684,69	100	340.880,85	100

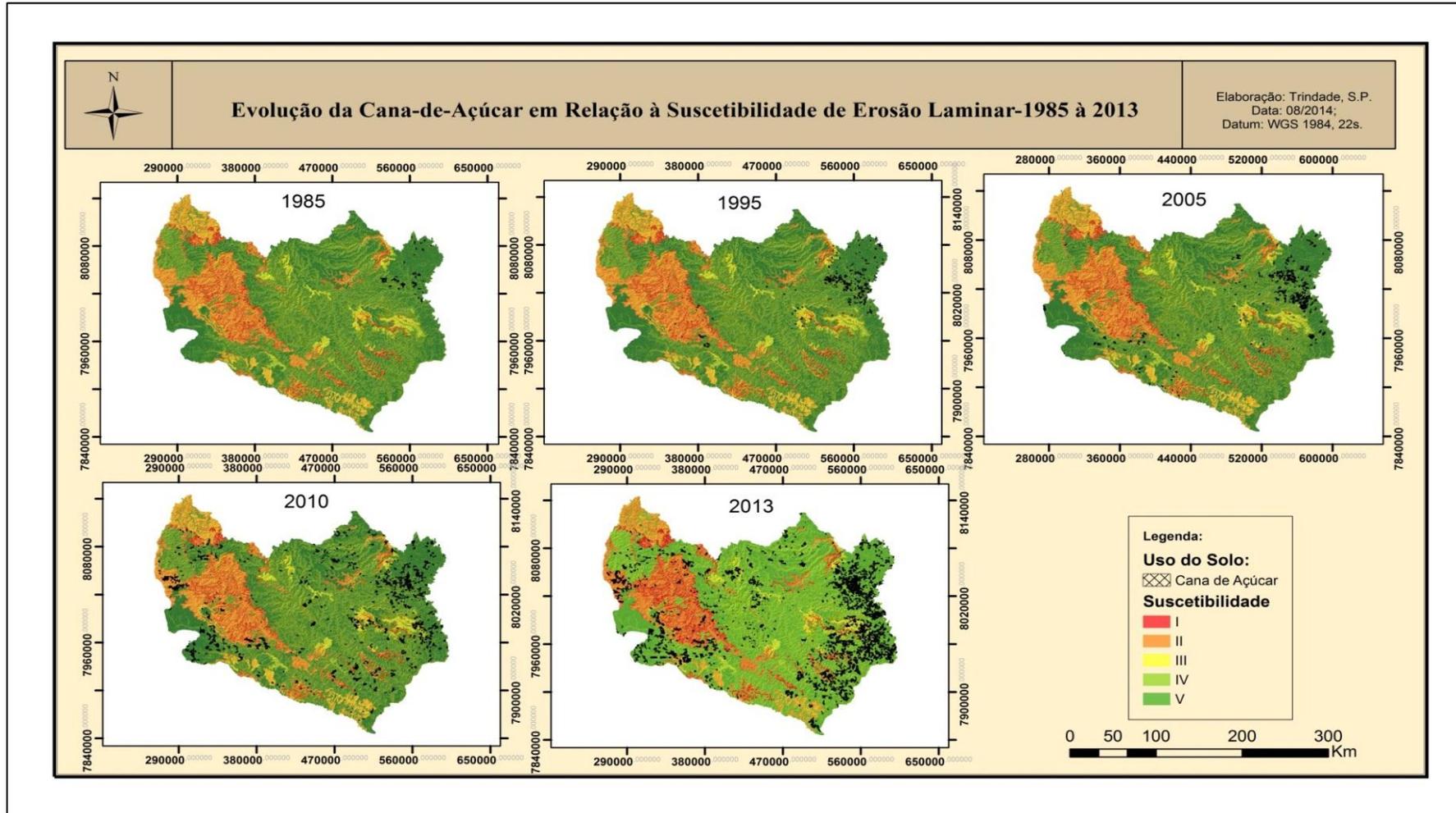
Fonte: Mapa de Suscetibilidade Erosiva.

Os Latossolos foram classificados considerando seu forte intemperismo com predominância de argilas caulínicas, presença de óxido hidróxidos de ferro e alumínio variam de textura argilosa a média e de forte a moderadamente ácidos, com baixa saturação por bases. Tais características indicam que, os Latossolos apresentam problemas de fertilidade baixa, demandando o uso de corretivos e adubos. Porém, eles apresentam um importante potencial para mecanização devido serem solos profundos, porosos, homogêneos e bem drenados e, devido a isso, foram classificados como Grupo 1 Classe 2.

Os Neossolos Quartzarênicos foram classificados levando em consideração a declividade, sendo os de setores com menor declive enquadrados no Grupo 4, devido as características físico-químicas e suscetibilidade erosiva (classe I, extremamente suscetível), enquanto os localizados de áreas mais declivosas no Grupo 6 (acima de 12%).

Os Nitossolos foram classificados levando em consideração a sua importância agrônômica diante ao seu potencial produtivo devido à boa fertilidade. Estes foram classificados no Grupo 1 devido as suas características físico-químicas.

Figura 36 - Mapa de Suscetibilidade Erosiva mostrando os níveis de fragilidade quanto à erosão linear em relação à cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano



Legenda: I-Extremamente Suscetível; II-Moderadamente Suscetível; III-Muito Suscetível; IV-Pouco Suscetível; V-Pouco a não Suscetível
 Fonte: Topodata/SRTM, Mapa de Solos Refinado, Mapa de Uso dos Solos. .

Os resultados da classificação de aptidão agrícola podem ser vistos na figura 37, onde a melhor classe é a 2bC, que cobre quase 75% da região e que corresponde à aptidão regular para lavouras, nos níveis A e B e inaptas ao C, conforme resumido na também na tabela 23. Isto significa que a área como um todo não apresenta elevada aptidão assim, para ser produtiva, requer investimentos no sistema de manejo, sobretudo quanto à fertilidade. Isto contraria de certo modo o exposto até aqui de elevada aptidão agrícola da região. Mas, para a cana isso não chega a ser uma restrição limitante se for praticada a fertirrigação com vinhaça e o sistema de plantio na palhada, práticas que parecem estar sendo adotadas largamente na área.

Borges (2011) mostra que este modelo reproduz o conceito de Fronteira Agrícola, onde os grupos sucroalcooleiros se estruturam dentro da formação de complexos agroindustriais e em modelos de união de grupos, formando as *joint ventures*. Ainda, segundo a mesma autora, a intensificação do processo de produção sucroalcooleira desencadeia impactos ambientais, sendo os principais a perda da biodiversidade, compactação dos solos aumentando a resistência à penetração, comprometimento dos recursos hídricos, aumento os níveis de contaminação ambiental do solo e da água, e outros. A figura 39 mostra que a dinâmica da cana, que apresentando a sua ocupação que vai desde áreas de aptas para o seu cultivo até as áreas de aptidão irregular.

Segundo ainda a tabela 23, em 2013 as maiores classes de aptidão agrícola ocupadas com cana-de-açúcar são representadas pelas classes 2bc e a 2bC, ou seja, em áreas com aptidão média a alta para agricultura mecanizada, respectivamente. Em menor escala são distribuídas na região classes de aptidão agrícola boa para todas as formas de lavouras, sendo de alto, médio ou baixo nível tecnológico. Completa-se esta análise a ocorrência, também em menor escala, mas não menos importante, de terras aptas para pastagens plantadas, silvicultura, pastagens naturais e inaptas para uso agrícola e para preservação ambiental. Isto corrobora o ZAE- Cana (MANZATO, 2009), embora este tenha sido realizado na escala 1:250.000, mais abrangente, como já comentado.

A evolução da área com cana-de-açúcar na RPSG pode ser visualizada na Figura 40, onde se pode constatar que a expansão canavieira nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 mostra a sua relação direta com a melhor aptidão agrícola das terras da região, porém, trata-se de aptidão média segundo o ZAE-Cana (Manzato et al., 2009). Contudo, desde 2010 seu avanço para o oeste da região confirma também uma relação espacial com terras de menor aptidão agrícola, o que não aparece no ZAE- Cana, devido sua escala.

A distribuição da cana-de-açúcar em relação às classes de aptidão agrícola baseada nos dados extraídos dos mapas da Figura 38 pode ser observada na tabela 23. Nela, é possível verificar quais foram as classes de aptidão agrícolas ocupadas pela cana-de-açúcar nos anos de 1985 a 2013, quando se destacam as classes 2 bC e 2 bc como realçado nessa mesma tabela, somando quase 65% da área total.

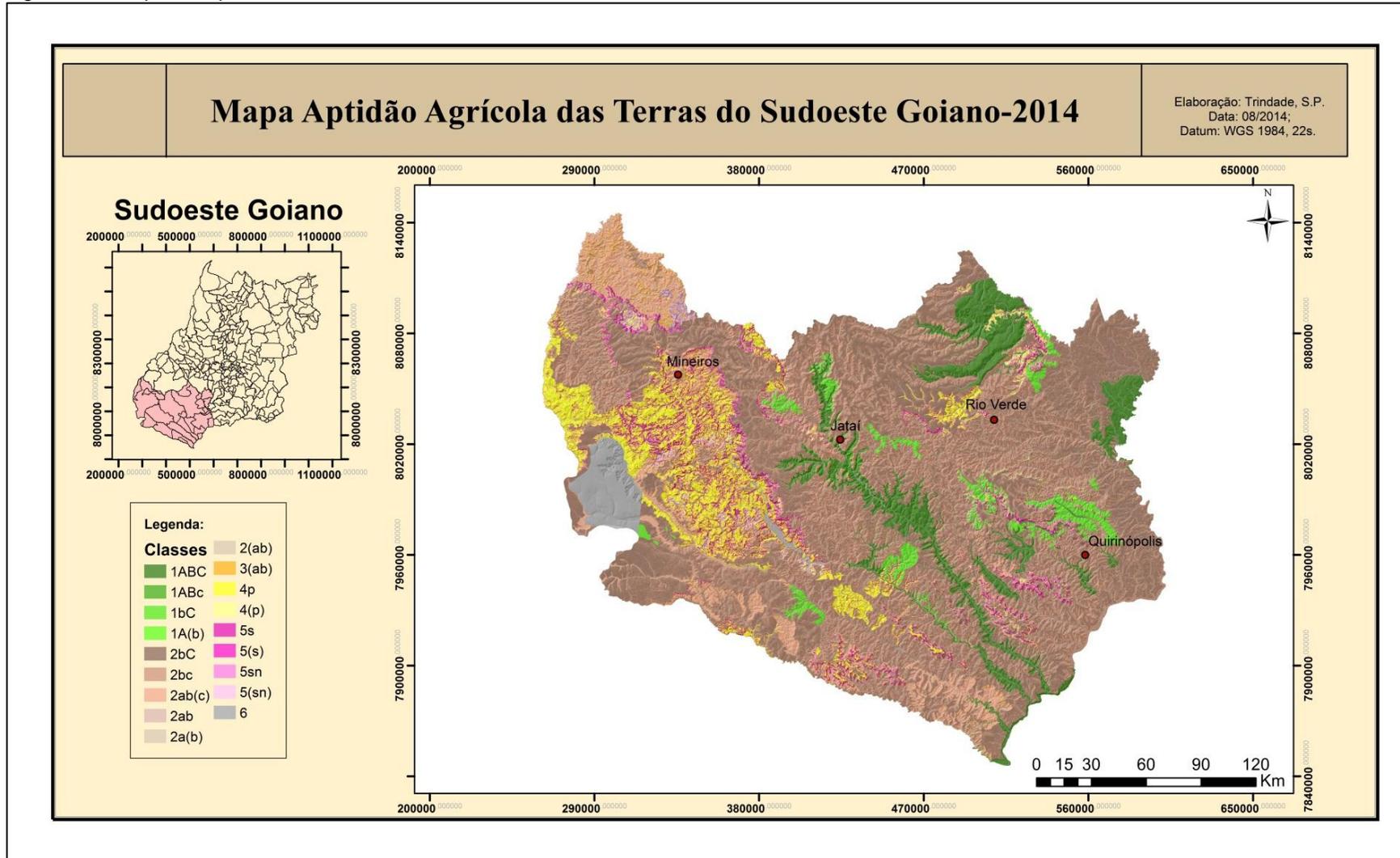
Mesmo sem apresentar elevada aptidão, segundo a tabela 23, a cana-de-açúcar ocupa maior parte áreas com aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B, porém é maior no nível C, como esperado, já que é nesta classe que se encontram as culturas com manejo intensivo fortemente tecnificadas. Esse processo relaciona-se à ocorrência predominante de Latossolos, terras com menor fertilidade, porém com boas condições físicas para produção se bem manejadas, o que acontece na classe de manejo C. Por outro lado, há que se considerar que à medida que a oferta das melhores classes de aptidão era ocupada por cana, esta avançava sobre as classes menos adaptadas para o uso agrícola, sobretudo em áreas mais frágeis, destinadas para o uso de pastagens ou até mesmo para preservação.

A distribuição da cana-de-açúcar em relação às classes de aptidão agrícola baseada nos dados extraídos dos mapas da Figura 38 pode ser observada na tabela 23. Nela, é possível verificar quais foram as classes de aptidão agrícolas ocupadas pela cana-de-açúcar nos anos de 1985 a 2013, quando se destacam as classes 2 bC e 2 bc como realçado nessa mesma tabela, somando quase 65% da área total.

Mesmo sem apresentar elevada aptidão, segundo a tabela 23, a cana-de-açúcar ocupa maior parte áreas com aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B, porém é maior no nível C, como esperado, já que é nesta classe que se encontram as culturas com manejo intensivo fortemente tecnificadas. Esse processo relaciona-se à ocorrência predominante de Latossolos, terras com menor fertilidade, porém com boas condições físicas para produção se bem manejadas, o que acontece na classe de manejo C.

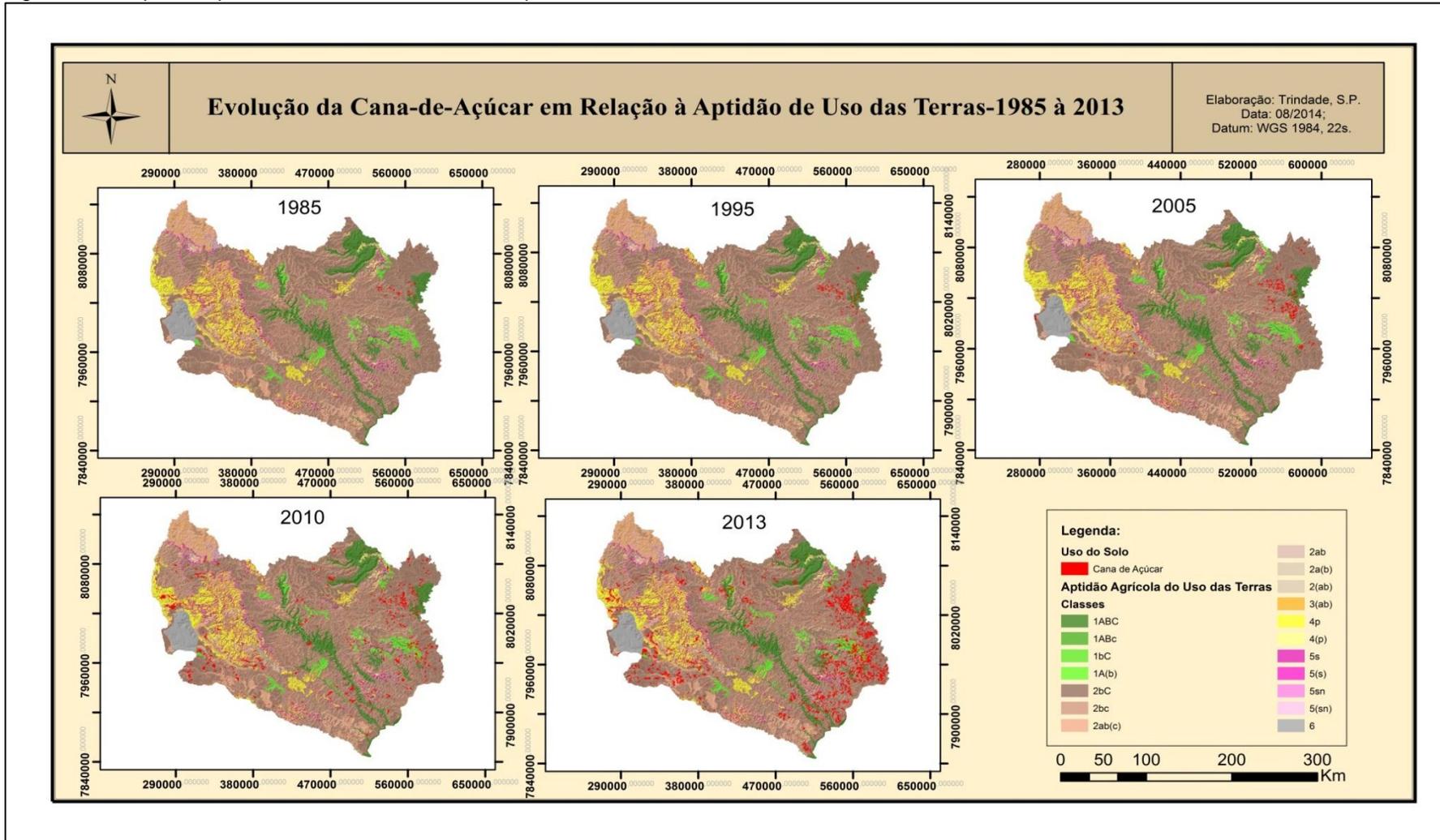
Por outro lado, há que se considerar que à medida que a oferta das melhores classes de aptidão era ocupada por cana, esta avançava sobre as classes menos adaptadas para o uso agrícola, sobretudo em áreas mais frágeis, destinadas para o uso de pastagens ou até mesmo para preservação. Assim, o fator preocupante é o seu avanço para áreas com aptidão para pastagens plantadas, naturais e áreas com restrições (grupo 4 e 5), porque não se trata de manejo da fertilidade, mas sobretudo de controle da erosão.

Figura 37 - Mapa de Aptidão do Uso dos Solos do Sudoeste Goiano



Fonte: Mapa de Solos Refinado, RADAM Brasil/Embrapa.

Figura 38 - Mapa de Aptidão do Uso das Terras e a expansão sucroalcooleira no Sudoeste Goiano-1985-2013



Fonte: Mapa de Solos Refinado, RADAM Brasil/Embrapa, Mapa de Uso dos Solos.

Tabela 23- Aptidão do uso das terras de relação e uso com cana (cinza em destaque)-1985-2013

Classe Aptidão	1985 (Ha)	%	1995 (Ha)	%	2005 (Ha)	%	2010 (Ha)	%	2013 (Ha)	%
1 ABC	916,7	11,96	3356,97	13,26	4299,41	8,46	7144,97	4,97	20909,44	6,13
1 ABc	0,082	0,00	48,71	0,19	129,96	0,26	201,59	0,14	955,90	0,28
1 bC	0	0,00	586,41	2,32	752,43	1,48	6682,37	4,65	17968,93	5,27
1 A(b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	0,00	38,61	0,01
2 bC	4495,73	58,67	11717,96	46,29	27043,81	53,20	65857,53	45,83	152990,02	44,88
2 bc	2003,94	26,15	7439,59	29,39	15836,75	31,15	40986,96	28,53	99657,06	29,24
2 ab(c)	31,30	0,41	388,79	1,54	770,51	1,52	5541,84	3,86	13456,23	3,95
2 ab	0,00	0,00	8,09	0,03	0,00	0,00	8,90	0,01	21,69	0,01
2 a(b)	0,00	0,00	84,22	0,33	97,78	0,19	1022,62	0,71	888,77	0,26
2 (ab)	0,00	0,00	6,52	0,03	1,67	0,00	74,70	0,05	33,06	0,01
3 (ab)	0,00	0,00	16,28	0,06	55,18	0,11	740,37	0,52	1279,95	0,38
4p	0,00	0,00	273,37	1,08	419,76	0,83	8189,01	5,70	17501,46	5,13
4 (p)	0,00	0,00	137,84	0,54	151,30	0,30	1628,60	1,13	2627,31	0,77
5 s	0,00	0,00	123,26	0,49	45,17	0,09	648,83	0,45	2055,42	0,60
5 (s)	0,00	0,00	209,40	0,83	122,15	0,24	1756,87	1,22	2390,55	0,70
5 sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,24	0,04	246,90	0,07
5 (sn)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,42	0,01	81,59	0,02
6	215,22	2,81	919,57	3,63	1109,48	2,18	3117,35	2,17	7777,96	2,28
Total	7662,98	100,00	25316,96	100,00	50835,34	100,00	143684,65	100,00	340880,82	100

1 ABC- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras; **1 ABc-** Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B e regular no nível C; **1bC-** Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, e regular no nível B e inapta no nível A; **1A(b)-** Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo A, restrita no nível de manejo B e inapta no nível C; **2bC-** Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível de manejo b e inapta ao nível de manejo A; **2bc-** Terras pertencentes à classe de aptidão média para lavouras no nível de manejo B e C, inaptas ao nível de manejo A; **2ab(c)-** Terras pertencentes à aptidão média para lavouras nos níveis de manejo A e B, restritas ao nível de manejo C; **2ab-** Terras pertencentes à aptidão média para lavouras nos níveis de manejo A e B e inapta no nível de manejo C; **2a(b)-** Terras pertencentes à aptidão média para lavouras, nos níveis de manejos A restritas nos níveis de manejo B e inaptas no nível de manejo A; **2(ab)-** Terras pertencentes à aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B, inapta para o nível de manejo C; **3(ab)-** Terras pertencentes à aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo A e B, e inapta no nível de manejo C; **4p-** Terras pertencentes à classe de aptidão média para pastagens plantadas; **4(p)-** Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagens plantadas; **5s-** Terras pertencentes à classe média para silvicultura; **5(s)-** Terras pertencentes à classe restrita para silvicultura; **5sn-** Terras pertencentes à classe média para silvicultura e pastagem natural; **5(sn)-** Terras pertencentes à classe restrita para silvicultura e pastagem natural; **6-** Terras sem aptidão para uso agrícola e restrição ambiental;

Observa-se que no ano de 1985, ainda em plena vigência dos efeitos do PROÁLCOOL, a cana-de-açúcar ocupou, predominantemente, as classes de aptidão 2bC, 2bc e 1ABC. Convém lembrar que estas classes são resumidamente: 1) Terras boas para lavouras no nível de manejo C, restritas no nível de manejo b e inaptas ao nível de manejo A; 2) Terras médias para lavouras no nível de manejo B e C e inaptas ao nível de manejo A. 3) Terras boas para lavouras nos níveis de manejo A, B e C. ainda pela mesma tabela em menor proporção identificou-se cana-de-açúcar em áreas

de classe de aptidão 6, correspondente a terras sem aptidão para uso agrícola e restrição ambiental.

Analisando-se ano a ano, no ano de 1985 foi possível identificar que a cana-de-açúcar ocupou, majoritariamente, as melhores áreas de aptidão agrícola e, em menor escala, as áreas com restrições de uso do ponto de vista da aptidão e/ou serviços ambientais. O ano de 1995 mostrou um comportamento semelhante ao anterior, ainda correspondendo a desdobramentos do PROÁLCOOL. Mas, a predominância de ocupação ocorreu em áreas de aptidão 2bC, 2bc e 1ABC com um ligeiro aumento na classe de aptidão 6. Curiosamente, neste ano foi o pequeno aumento de área de cana para as demais classes consideradas boas para lavouras mecanizadas, como o caso da 1bC (Terras de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, e regular no nível B e inapta no nível A). Verifica-se a permanência da cana-de-açúcar nas melhores classes de aptidão agrícola, porém já se nota pequenas manchas de cana-de-açúcar para as classes dos demais grupos de aptidões.

No ano de 2005 caracterizado por marcar o início da nova fase de expansão, na expansão recente, a cana acompanha a mesma tendência anterior de ocupar áreas com melhor aptidão agrícola da terra, a 2bC. Porém, já se nota que além dessas, há presença da cana-de-açúcar em áreas inaptas para uso agrícola ou com restrições ambientais. Assim como em 1995, apresentam-se pequenas faixas cultivadas com cana em áreas de aptidão para pastagem e silvicultura situadas fora das áreas de relevos tubuliformes.

O ano de 2010 foi marcado pela intensificação de uso sobre as mesmas classes de aptidão para lavouras, boa e média, houve pequenos avanços sobre as áreas nas classes de aptidão destinadas a pastagens e silvicultura. Concomitantemente a tais aumentos também foi registrado aumento em áreas com classe de aptidão inapta ou com restrição ambiental.

No último ano analisado, 2013, o fenômeno se repete, porém, nota-se que houve expansão além da maior concentração de cana ocorrer em áreas de aptidão boa e média para lavouras, seguem-se áreas de aptidão para pastagens plantadas e e em áreas inaptas como as áreas aptas para silvicultura ou com restrição ambiental para uso agrícola. .

Em síntese, é possível observar que o caminho preferencial percorrido pela cana, desde 1985, se caracteriza pela mesma fórmula, marcada pela preferência pelas melhores classes de aptidão agrícola disponíveis na região e que pudessem ser plantadas sem desmatamentos e sem grandes custos para conversão, além do arrendamento das terras, das mudas e manejo até a colheita e seu processamento. Tal trajetória iniciou-se na porção leste da região, mas o problema é que

posteriormente projetou-se para oeste sobre para áreas com restrições ambientais e para áreas inaptas para agricultura podendo ser aptas à silvicultura, rumo a oeste. Até 2005 substituiu área de culturas anuais e depois pastagens. Borges (2011) relata que o plantio iniciado em 2004 na porção leste, sobre culturas anuais, deu-se em relação direta com a instalação de duas grandes usinas (do Grupo São João e do Grupo São Martinho, dois grupos paulistas) que ficaram prontas para processar a cana em 2005.

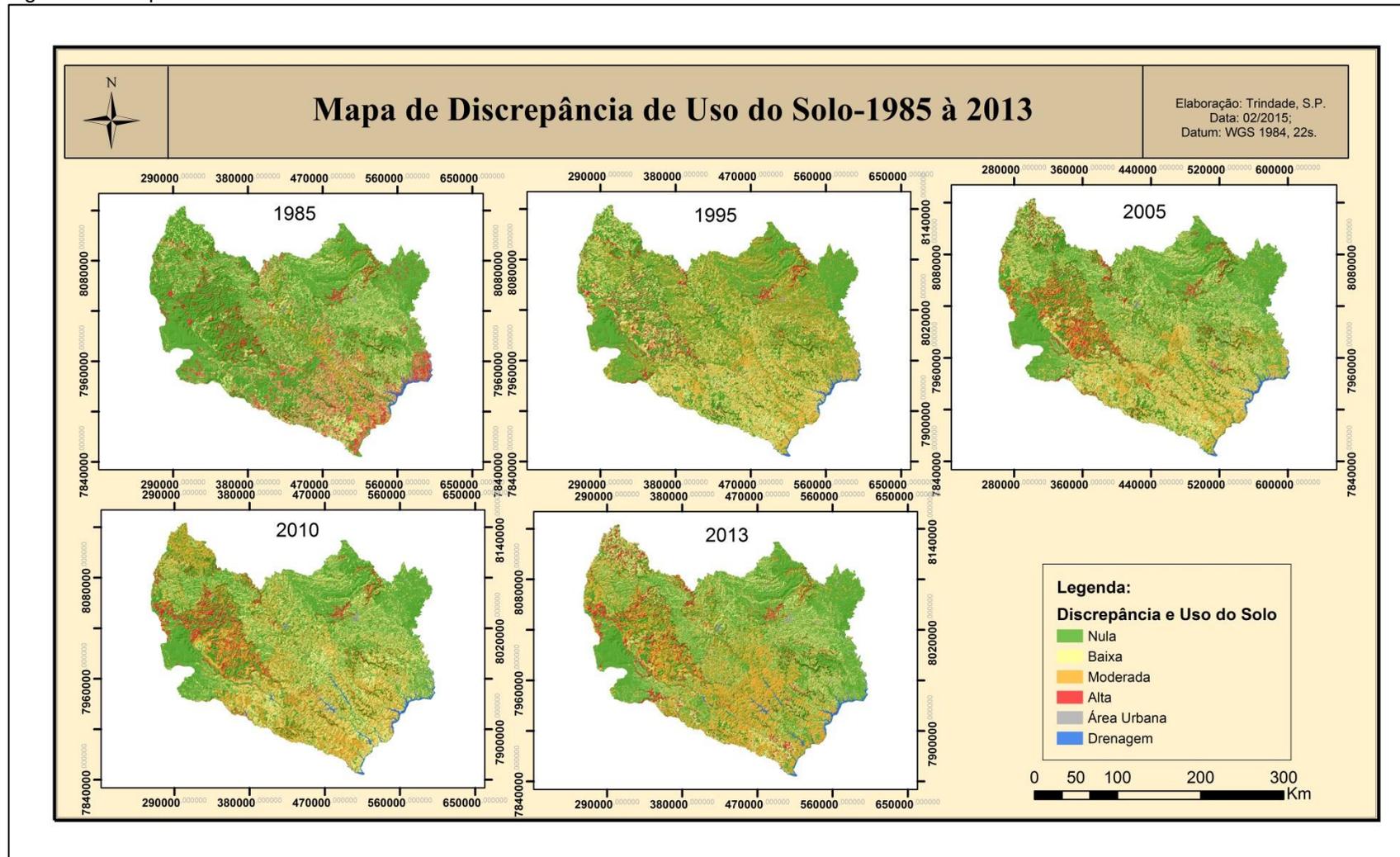
Em 2013 a substituição preferencial recaiu sobre áreas com solos mais frágeis, com menor aptidão agrícola ou mesmo com restrição. Tal fato pode ser explicado por meio de uma possível redução de oferta das áreas aptas para lavouras, elevando o nível de máximo aproveitamento das terras e forçando expansão para outras áreas, mesmo que piores, como também observado nos anos de 2005, 2010 e 2013, quando o avanço se deu para áreas com aptidão recomendada para pastagens e silvicultura situadas mais a oeste da região. Borges (2011) relata que o plantio nessas áreas mais a oeste começaram em 2008 sobre áreas de pastagem.

Nesse sentido, a expansão da cana na maturidade da modernização da fronteira agrícola ocorre agora num contexto político muito mais competitivo em que a oferta de terras aptas é bem menor do que nos anos 1970-80 até meados da década de 1990. Em função de um exigente mercado global, considera-se que os melhores solos tornaram-se escassos e caros, por terem maior valor agregado devido aos usos e manejos anteriores. Por outro lado, a logística existente e em expansão parece desempenhar papel importante nessa opção por terras menos aptas, como estradas rodoviárias e ferroviárias (braço da Ferro Norte), além de alcooldutos e nó modal de Quirinópolis (CAMELINI; CASTILHO, 2012; CASTRO et al., 2010; BORGES, 2012).

Em síntese, a expansão recente da cana-de-açúcar na RPSG não segue mais o modelo anterior e consagrado desde o PROÁLCOOL que optava pelas melhores terras. A partir de 2005 e, sobretudo 2010, o modelo relega a aptidão a um segundo plano, por priorizar outras vantagens competitivas, cuja ênfase estaria na logística.

Interagindo os dados sobre a Aptidão do Uso das Terras e os Usos dos Solos, obtiveram-se os Graus de Conflito do Uso do Solo para o Sudoeste Goiano. Esta relação foi realizada para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 dos quais podem ser vistos na Figura 39 e na tabela 24.

Figura 39 - Mapa de Conflito de Uso do Solo do Sudoeste Goiano-1985-2013



Fonte: Cruzamento do Mapa de Aptidão do Uso das Terras e dos Mapas de Usos dos Solos dos respectivos anos.

Tabela 24-Discrepância do Uso dos Solos no Sudoeste Goiano -1985-2013

Discrepância	1985 (Ha)	%	1995 (Ha)	%	2005 (Ha)	%	2010 (Ha)	%	2013 (Ha)	%
Alta	692.142,06	11,27	254.204,06	4,14	312.670,45	5,09	238.247,46	3,88	331.269,57	5,39
Moderada	206.448,26	3,36	1.491.295,86	24,28	1.070.860,22	17,43	1.420.301,42	23,12	1.414.174,44	23,02
Baixa	1.354.098,16	22,05	1.239.977,37	20,19	1.535.668,59	25,00	1.494.727,57	24,34	1.150.179,85	18,73
Nula Área	3.850.772,98	62,69	3.113.081,87	50,68	3.173.564,95	51,67	2.917.109,90	47,49	3.173.104,04	51,66
Urbana	7.393,95	0,12	8.501,93	0,14	8.903,54	0,14	13.095,12	0,21	14.583,61	0,24
Drenagem	31.293,00	0,51	35.087,32	0,57	40.480,66	0,66	58.666,94	0,96	58.836,90	0,96
Total	6.142.148,41	100,00	6.142.148,41	100,00	6.142.148,41	100,00	6.142.148,41	100,00	6.142.148,41	100,00

Fonte: Cruzamento do Mapa de Aptidão do Uso das Terras e dos Mapas de Usos dos Solos dos respectivos anos.

A Alta discrepância iniciou com os seus maiores níveis no ano de 1985 representando 11,27% do total, sendo que a partir deste ano, as suas taxas começaram a cair. Em 1995 esta classe de conflito representou 4,14% do total da área da região. Este valor sofreu um ligeiro aumento em 2005, quando passou para pouco mais de 5%. No entanto, curiosamente, 2010 foi o ano em que o conflito de uso apresentou o seu menor nível, 3,88%, voltando a subir em 2013, representando 5,39% do total da região. Em suma, o grau de conflito é em geral inferior a 10%, exceto em 1985 quando ultrapassou pouco esse valor.

A Moderada discrepância passou pelo processo de grande incorporação de área no decorrer do período estudado. Iniciando com 3,36% em 1985, estes valores foram rapidamente elevados para mais de 20% no período seguinte, 1995. A partir de então, eles representaram níveis constantes de uso, chegando a 23,02% em 2013. Em síntese, os valores ficam ao redor de 20%, exceto, novamente, 1985 quando são muito baixos, inferiores a 5%.

A Baixa discrepância mostrou uma considerável participação desde o início do período analisado. Ela apresentou os seus maiores níveis em 2005 (25%) e em 2010 (24,34%), ocorrendo o inverso, apresentando os menores níveis em 1995 (20,19%) e em 2013 (18,73%). Em resumo, esta classe fica também ao redor de 20 a 25%, inclusive em 1985.

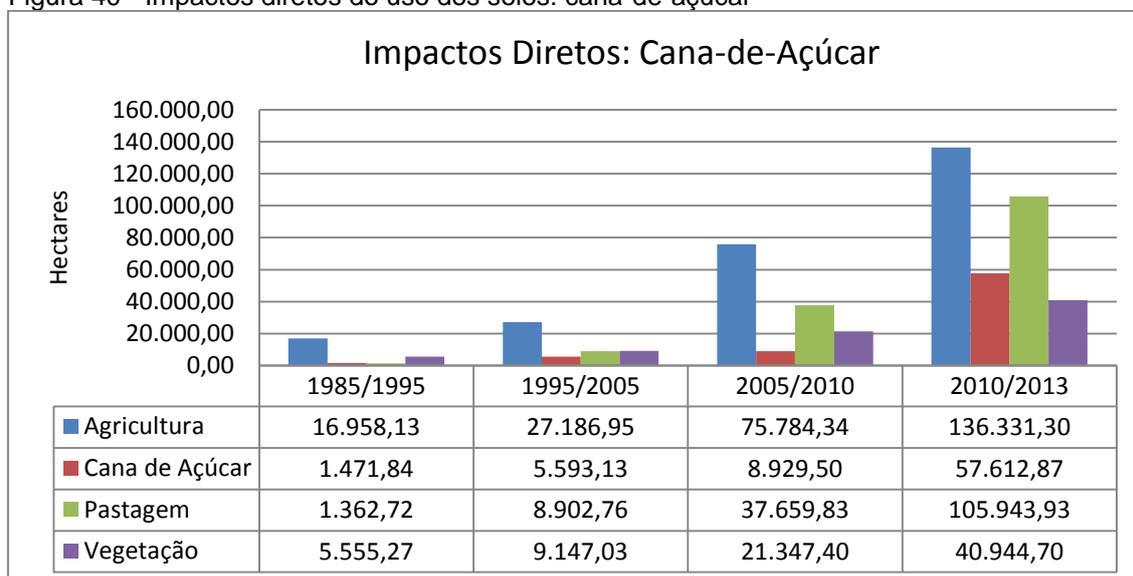
A Nula discrepância ou conflito nulo foi à classe mais representativa na região, apresentando níveis acima dos 50%, com exceção ao ano de 2010, que apresentou níveis ligeiramente inferiores com 47,49%. A representação destes altos níveis em relação ao uso do solo mostra que maior parte das atividades econômicas desenvolvidas no Sudoeste Goiano encontra-se nestas áreas. Isto significa que as atividades agrícolas e pecuárias estão sendo desenvolvidas nestas áreas. Isso é interessante, pois indica que as atividades para metade da região não são de grande

impacto, exceto naturalmente para a biodiversidade, já que se trata de conversão agropecuária.

A predominância das áreas de discrepância de uso Nulas e Baixas mostra que o processo de modernização da agricultura predomina nas áreas de melhor aptidão agrícola, como esperado, pois significa menor custo x benefício, justamente uma relação muito usada na produção capitalista. O avanço da fronteira agrícola selecionou as melhores condições pedológicas e de relevo como garantia de investimento, predominando nas melhores áreas do Sudoeste Goiano. Porém, não menos importante, constata-se a presença de atividades agrícolas em áreas não recomendadas, inclusive de cana-de-açúcar, as quais entre Moderada e Baixa discrepância somam praticamente o restante da área. Isso corrobora a análise de que há o avanço agrícola (inclusive sucroalcooleiro) para áreas com menor aptidão e mesmo para áreas frágeis, porém em menor proporção de uso, demandando de grande prudência quanto a estas formas de ocupação devido aos seus possíveis impactos ambientais.

A análise dos impactos diretos e indiretos das mudanças de uso dos solos, em especial da cana-de-açúcar, podem ser averiguados nas figuras 40, 41 e 43.

Figura 40 - Impactos diretos do uso dos solos: cana-de-açúcar



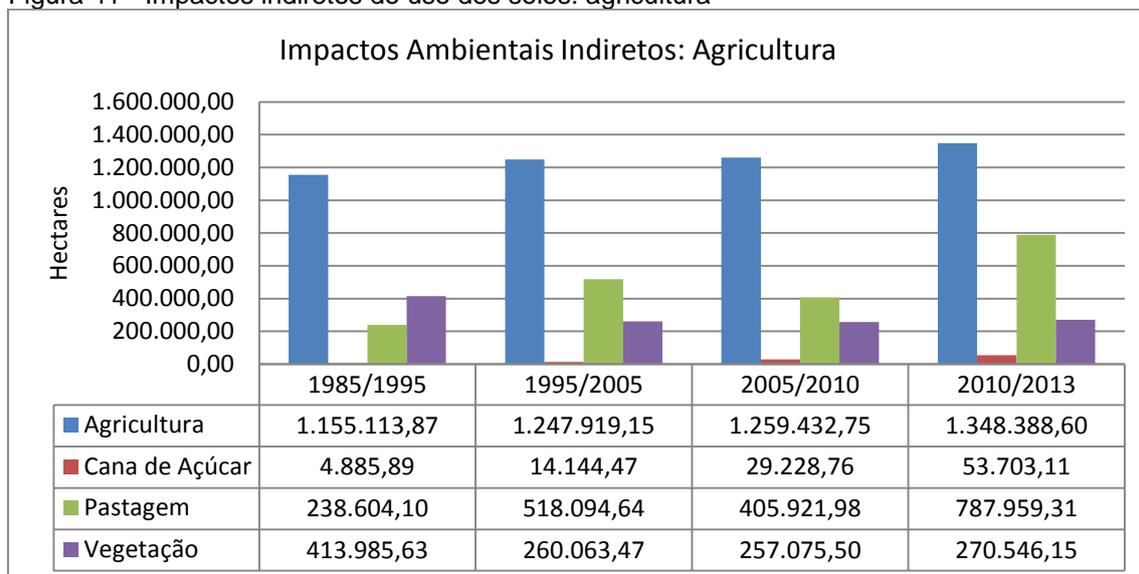
Fonte: Mapas de Uso dos Solos dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

Por meio da figura 40 é possível verificar que a cana-de-açúcar teve maior impacto direto sobre áreas de agricultura, registrando um crescente aumento durante os biênios analisados (1985/1995, 1995/2005, 2005/2010 e 2010/2013). Em seguida, a cana promoveu impactos diretos às pastagens, que em menor supressão em 1985/1995, começaram a dar lugar para as áreas de produção canavieira, sobretudo a

partir de 2005/2010. Essas observações confirmam as análises anteriores sobre mudanças de uso do solo 1985-2013 e também aquelas de outros autores e regiões do estado de Goiás já citados. Ocorre que além destas áreas, houve impactos diretos sobre áreas de vegetação natural, que deram tiveram os seus níveis maiores em 2010/2013, o que indica conversão de extensas áreas com cerrado foram diretamente convertidas em cana. Além dessas áreas, a cana-de-açúcar também avançou para áreas em que já havia a produção canavieira, sugerindo assim, aumento da produção dos canaviais já existentes, mantendo padrão de difusão já relatado.

A figura 41 é possível verificar os impactos indiretos na região Sudoeste originado pela agricultura. Nota-se que há grande manutenção de áreas agrícolas em meio da produção agrícola já consolidada. No entanto, nota-se que há intenso avanço agrícola sobre as áreas de pastagens e de vegetação natural.

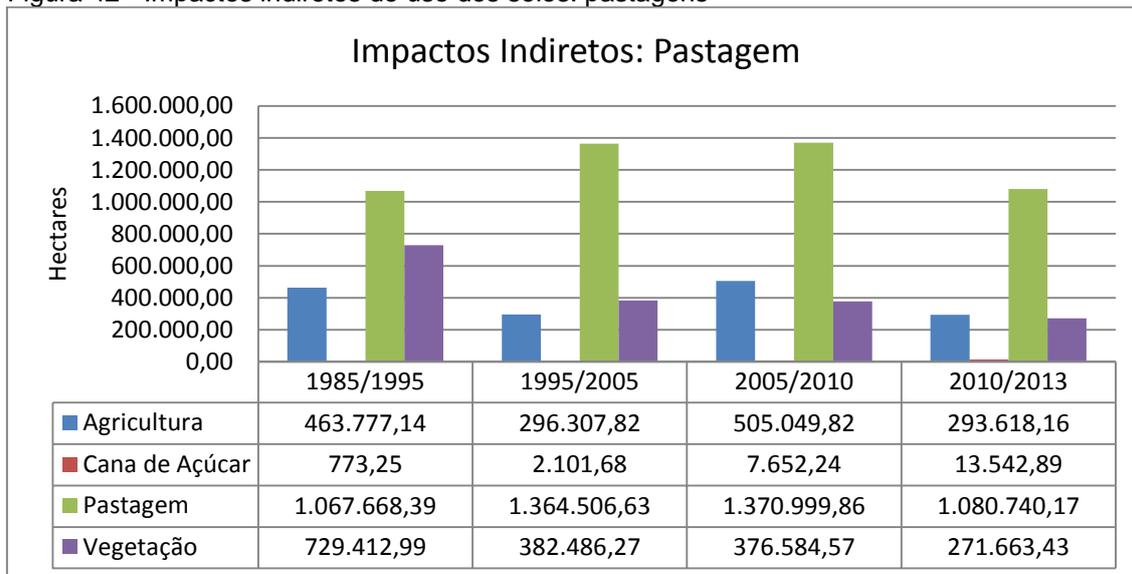
Figura 41 - Impactos indiretos do uso dos solos: agricultura



Fonte: Mapas de Uso dos Solos dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

A figura 41 mostra a dinâmica dos impactos indiretos na agricultura na região, representando uma ordem de grandeza entre 1,2 a 1,4 Mha, seguida pelas pastagens que não ultrapassam 800 Mha. É possível verificar a manutenção dos impactos indiretos sobre as pastagens, por meio do seu constante aumento de área que há uma disputa de áreas com a agricultura e um importante avanço sobre as áreas de vegetação natural. Em comparação com os impactos diretos (cana-de-açúcar) e indiretos (agricultura), a pastagem é o uso do solo que mais substituiu áreas de Cerrado, seguida pela agricultura e cana-de-açúcar.

Figura 42 - Impactos indiretos do uso dos solos: pastagens



Fonte: Mapas de Uso dos Solos dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

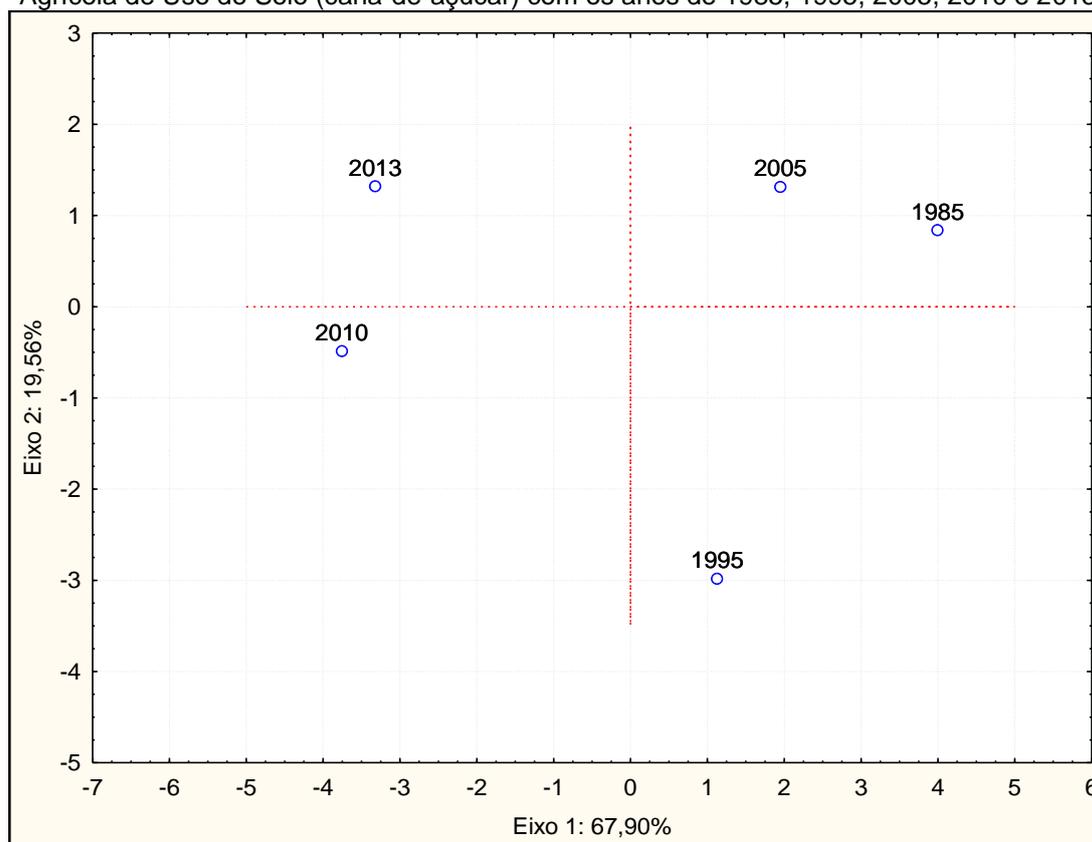
A análise da figura 42 mostra que o impacto indireto se dá sobre as pastagens. Pode-se constatar que houve deslocamento das mesmas, certamente incluindo áreas remanescentes que foram convertidas em pastos. Em termos de ordem de grandeza a área varia de 1 a 1,4 Mha. Contudo, apesar de não se observar diferenças significativas, os biênios 1995/2005 e 2005/2010 se mostraram os de maior impacto. Em síntese, as figuras 41 e 42 corroboram a ideia de que estaria havendo deslocamento de pastos e agricultura para outras áreas, dentro da própria região, devido ao fato da cana avançar sobre as áreas agrícolas.

Comparativamente, em termos de ordem de grandeza de área afetada por impactos indiretos, a agricultura e pastagens parecem estar sendo afetadas igualmente em termos de áreas, embora em tempos variados.

5.2 Teste Estatístico da Relação entre Aptidão Agrícola ao Uso das Terras e Expansão Canavieira no Sudoeste Goiano Por Meio da Análise das Componentes Principais.

A avaliação estatística da expansão da cana-de-açúcar, em relação à Aptidão do Uso das Terras foi feita para testar o exposto até aqui e está representada nas Figuras 43A e 43B. Estas figuras mostram a distribuição espacial da cultura canavieira sobre as classes de aptidão, da qual foi realizada por meio da ordenação das aptidões do uso da terra para o plantio da cana-de-açúcar.

Figura 43A - Análise das Componentes Principais e a Relação entre as Classes de Aptidão Agrícola de Uso do Solo (cana-de-açúcar) com os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013

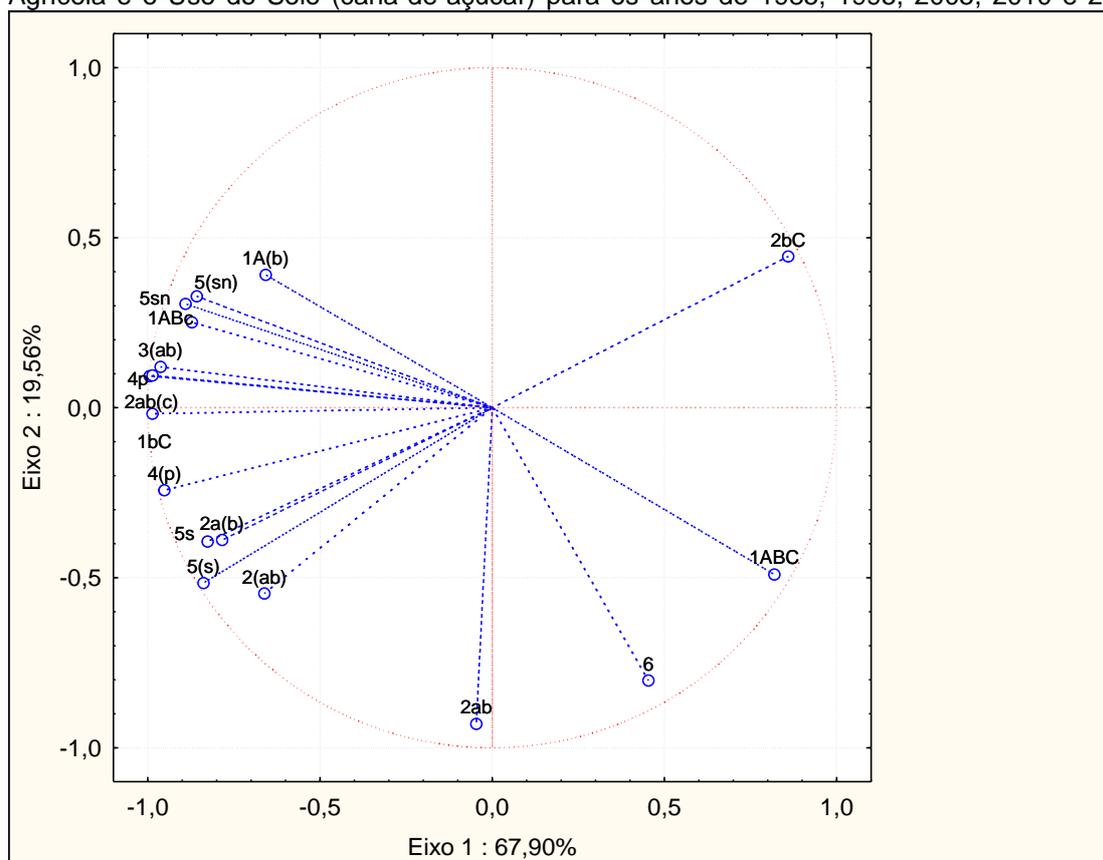


Fonte: Análises Estatísticas

A análise PCA, expressa nas figuras 43A e 43B, mostrou o comportamento das tendências do avanço da cana-de-açúcar na região estudada. Os resultados mostraram ainda que a cana-de-açúcar no ano de 1985 ocupou majoritariamente áreas com elevada aptidão agrícola para lavouras. Por meio dos eixos da figura 43A e 45B, é possível verificar que, neste ano, houve o predomínio do uso das classes 1ABC e 2bC, ambas com importante potencial de produção de lavouras com uso de tecnologia de mecanização. Este fato sugere que a cana-de-açúcar avançou, primordialmente, sobre áreas de melhor aptidão agrícola do Sudoeste Goiano.

O ano de 1995 permitiu uma interessante análise sobre o comportamento da expansão canavieira, pois apesar de deste ano ter se repetido o mesmo padrão do ano anterior, onde a cana-de-açúcar se manteve nas melhores áreas de aptidão para lavouras mecanizadas, identificou-se a tendência do avanço da cana sobre áreas com menor aptidão para lavouras (2ab) e para áreas com restrições de uso agrícola/ambiental.

Figura 43B - Análise das Componentes Principais e a Relação entre as Classes de Aptidão Agrícola e o Uso do Solo (cana-de-açúcar) para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013



Fonte: Análises Estatísticas

Este processo pode ser interpretado devido a uma busca máxima pelos melhores solos dentro das áreas de entorno da viabilidade logística das usinas (raio de 40 km ao redor das unidades processadoras). Interpreta-se que houve uma maximização da produção para buscar as melhores áreas que atingissem melhores aptidões agrícolas, mesmo com restrições ambientais.

É importante lembrar que no período correspondente aos anos de 1985 e 1995 a produção canavieira goiana encontrava-se ainda sob a influência do modelo produtivo do PROÁLCOOL (ano de 1985) e em um período que pode ser considerado de transição (ano de 1995). Mesmo com o fim do programa, percebe-se a despreocupação com um modelo de produção conservacionista. Este período caracteriza-se por uma produção com base na exploração de melhores áreas agrícolas, mesmo com restrições ambientais.

No ano de 2005, correspondente à recente expansão canavieira, evidenciou-se um comportamento que reflete ainda a mesma busca pelos melhores solos. Observou-se que a produção canavieira deu-se sobre solos de aptidão boa para lavouras mecanizadas. A expansão correspondente a este período deu-se em áreas aptas à produção canavieira com grande adequabilidade ao uso de maquinários (aptidão 2bC).

Os anos de 2010 e 2013 representaram a mesma tendência de ocupação dos melhores solos pela cana (1bC). O interessante deste período, foi a convergência de crescimento para as áreas menos aptas para agricultura mecanizada, como áreas com orientação para agricultura com uso de tecnologia menos avançada e, até, áreas recomendadas para uso de pastagens e silvicultura. Neste contexto, há evidências de que o avanço da cana-de-açúcar ocorre para áreas com maior fragilidade. Uma possível explicação para este processo é que a alta concentração de usinas sucroalcooleiras na região, principalmente a leste do Sudoeste Goiano, desencadeia uma competição que deriva da saturação de áreas produtivas que entram em disputas com as novas unidades processadoras, buscando assim, áreas menos aptas a produção, como assinalado por Abdala e Ribeiro (2012).

As correlações (tabela 25) destacam maior relação entre cana-de-açúcar e as áreas de aptidão para lavouras. Os valores de correlação apresentaram maior concentração nas áreas aptas para lavouras, apresentando comportamento contrário às classes de pastagem e silvicultura, confirmando o exposto na análise espaço-temporal anteriormente apresentada e discutida.

Tabela 25-Contribuição variável das correlações

Variable	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1ABc	6,587273	1,906083	0,123824	54,06019
1A(b)	3,751601	4,610231	22,82814	0,176481
1ABC	5,809024	7,212807	4,882261	0,386737
1bC	8,42582	0,009514	1,23302	1,491618
2(ab)	3,787332	8,970711	13,15968	8,190006
2a(b)	5,327227	4,554533	12,8999	0,060669
2ab	0,018492	25,99528	5,889743	8,298392
2ab(c)	8,56915	0,263865	0,041272	0,422967
2bC	6,40365	5,961017	3,281512	0,996232
3(ab)	8,029677	0,436094	2,67332	3,193076
4(p)	7,846134	1,77285	1,937185	0,100778
4p	8,431446	0,274561	0,094625	4,950584
5(s)	6,08307	8,001416	1,753132	0,001088
5(sn)	6,375308	3,227685	7,714541	5,335368
5s	5,91095	4,663745	8,649479	1,893226
5sn	6,863238	2,809804	4,996497	7,435241
6	1,780609	19,32981	7,841876	3,007349

Fonte: Análises Estatísticas

O teste com a análise ANOVA Fatorial, com relação à aptidão do uso das terras e a expansão canavieira nos anos estudados (1985, 1995, 2005, 2010 e 2013), reforçou o exposto. A produção canavieira no Sudoeste Goiano concentrou-se, principalmente, nas classes de aptidão mais elevadas da região (1ABC, 1bC, 2ab(c) e

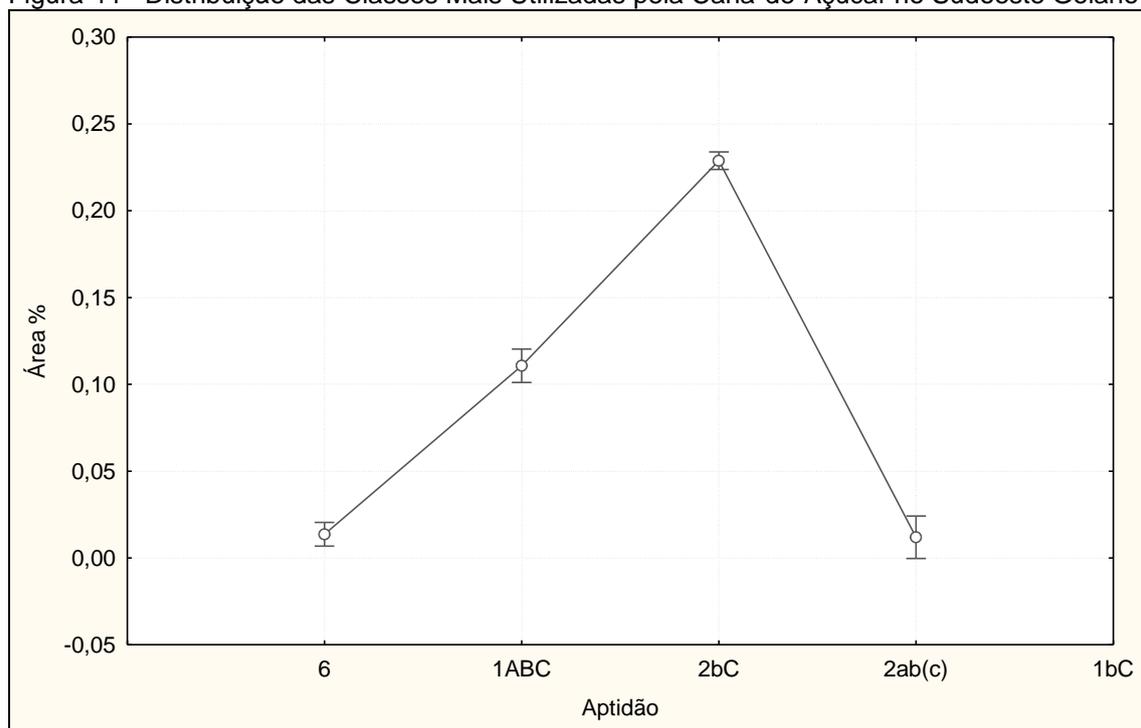
6). Na análise de significância, a cana-de-açúcar estabelece maior concentração nas melhores áreas de uso para agricultura mecanizada, apresentando avanço com $p=0,000$ para a aptidão, $p=0,30$ para ano e $p=0,000$ para a relação uso do solo e ano (tabela 26, Figura 44). Este processo foi mais intensivo nos dois últimos anos analisados (2010 e 2013), onde se consolidou o conceito de concentração canieira nas melhores classes de aptidão no Sudoeste Goiano, agregada à expansão sobre áreas com restrições ambientais (Figura 45)

Tabela 26-Teste Univariável de Significância para Área % (Aptidão do Uso das Terras/Tempo). Sigma-restrita parametrização. Decomposição efetiva de hipótese.

Effect	SS	Deg. Of Freedom	MS	F	p
Intercept		0			
Aptidão	35,3896	3	11,79654	980,5259	0,000000
Ano	0,0129	1	0,01294	1,0756	0,299707
Aptidão*Ano	21,0552	41	0,51354	42,6855	0,000000
Error	156,1963	12983	0,01203		

Fonte: Análises Estatísticas

Figura 44 - Distribuição das Classes Mais Utilizadas pela Cana-de-Açúcar no Sudoeste Goiano

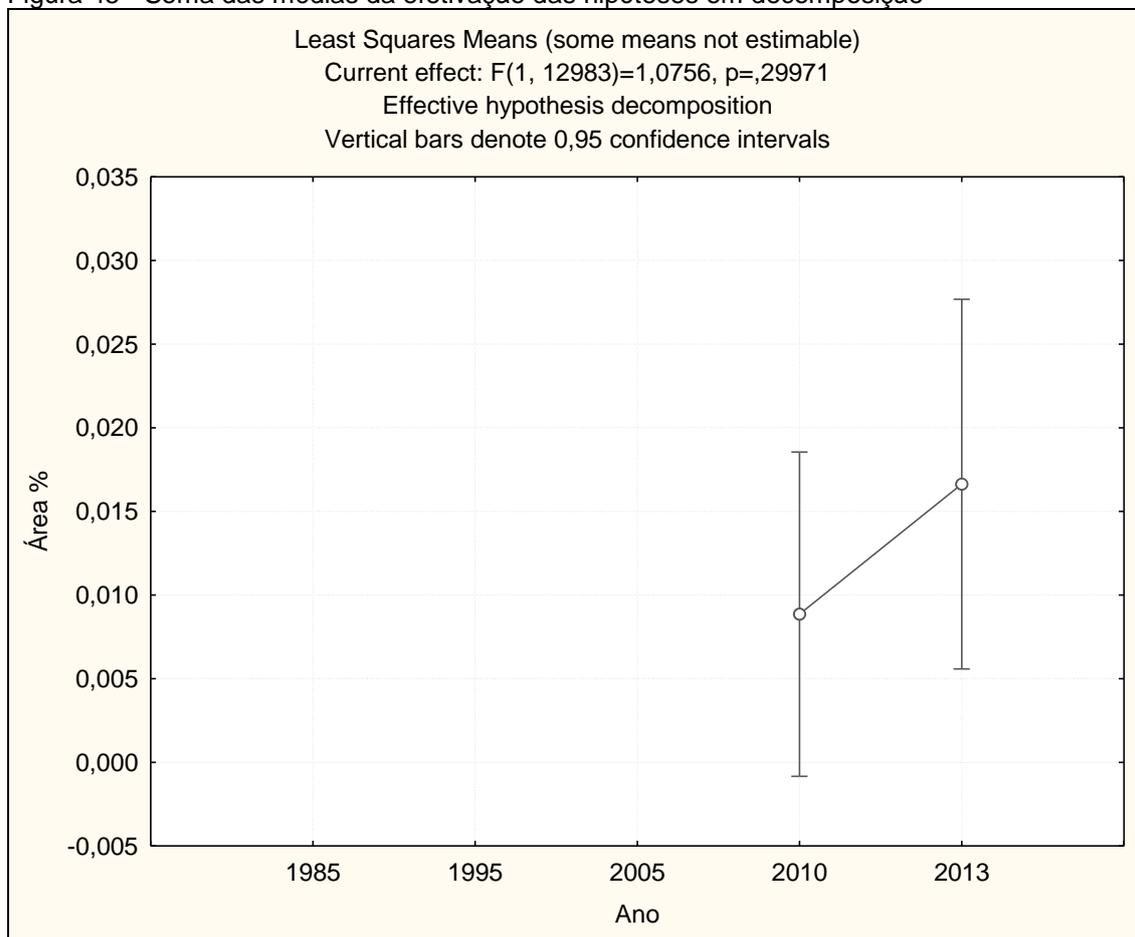


Fonte: Análises Estatísticas

Por meio da ANOVA Fatorial, levando em consideração a aptidão agrícola e o ano (Figura 46), foi possível se obter um melhor entendimento sobre os resultados da análise PCA. Diante disso, descortina-se um processo paulatino de ocupação dos

melhores solos, porém distribuídos em classes de aptidão inferiores a partir de anos mais recentes.

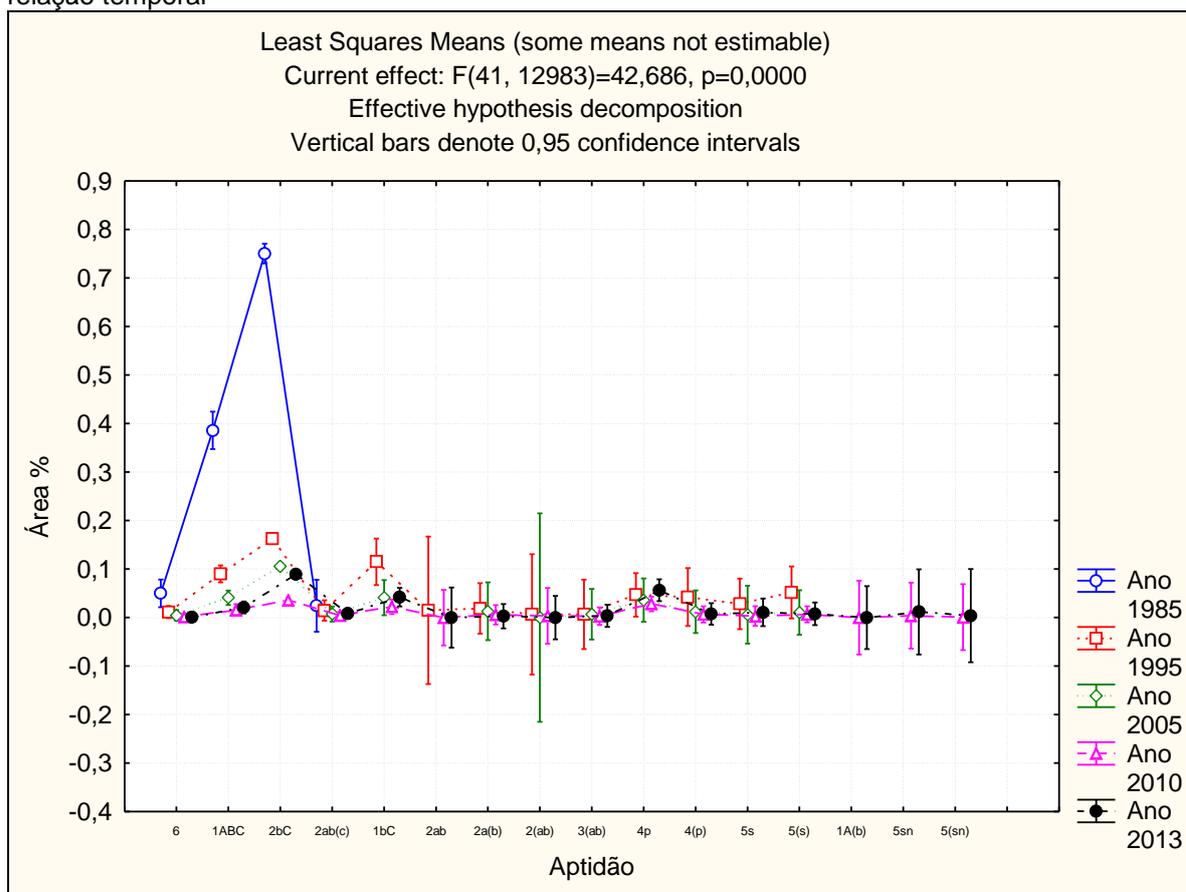
Figura 45 - Soma das médias da efetivação das hipóteses em decomposição



Fonte: Análises Estatísticas

Na tentativa de interpretar a recente expansão da cana, Camellini & Castilho, (2013) desenvolveram critérios de seletividade espacial para o setor sucroalcooleiro. Segundo eles, a expansão ocorre em meio a três fatores intrínsecos. O primeiro corresponde aos fatores físicos, relacionados com a disponibilidade de terras com aptidão produtiva; o segundo corresponde aos fatores econômicos, como preço da terra, insumos e mão-de-obra; o terceiro corresponde aos fatores ligados à infraestrutura e à política como logística, legislação ambiental e benefícios fiscais. Para eles, a seletividade no Cerrado se baseia na relação entre os três fatores, aptidão das terras, logística e políticas públicas, construindo o cenário da distribuição espacial da produção.

Figura 46 - Scores médios da análise de correspondência da aptidão e uso do solo em uma relação temporal



Fonte: Análises Estatísticas

Tal parece acontecer na RPSG, pois que o avanço do setor sucroalcooleiro teve sua ocupação inicial em meio às condições edafoclimáticas favoráveis, mas, com o decorrer da inserção de uma agricultura comercial no Cerrado, essas áreas vem se tornando mais escassas no estado de Goiás, tendo o avanço sido direcionado para áreas menos aptas, porém mais próximas das usinas instaladas, as quais se encontram próximas de cidades onde contam com mão-de-obra e demais serviços, podendo contar com logística e políticas públicas favoráveis, onde a relação custo x benefício é fortemente influenciada pela oferta logística.

Convém ressaltar, no entanto, que esse processo demanda discussão sobre a problemática ambiental na produção do etanol brasileiro. As áreas menos aptas associam-se à supressão da vegetação, justamente quando a Lei 12652 (BRASIL, 2012), entendida como o Novo Código Florestal Brasileiro, que estabelece que no ano de 2008, quando a expansão para as áreas frágeis começou, toma-se como base o estado da cobertura para cálculo de áreas de recomposição de coberturas vegetais degradadas. Justamente quando a cana chega nessas áreas posicionadas mais a oeste e avança sobre solos frágeis. Isto leva a supor que o fenômeno resulta do

aproveitamento das manchas de solos em remanescentes, apropriados para a produção agrícola com menor custo de produção.

Em suma, os efeitos dos impactos ambientais da cana em áreas frágeis podem ser incontroláveis. Efeitos negativos como perda de biodiversidade, contaminação de solos e águas, comprometimento crescente de recursos hídricos para irrigação e processamento industrial, além de erosão e assoreamento, onerará os custos de produção, podendo até diminuir a competitividade do etanol brasileiro no mercado global.

Conclusões

A análise da expansão canavieira em relação à aptidão agrícola das terras na RPSG permite concluir que:

1. A RPSG possui áreas com grande potencial de produção agrícola dada pelas condições edáficas regionais e pelas possibilidades de implantação de cadeia produtiva canavieira. Isto estruturou a formação de grandes complexos agroindustriais, iniciados na década de 1970, com o PROÁLCOOL e sobre o tal modelo ocorreu a expansão canavieira até 2005. A partir desse ano o modelo se altera para novas bases, optando por terras de menor aptidão agrícola com vantagens logísticas e de nova política pública, o PNA;
2. Na trajetória sobre terras de maior aptidão, o plantio da cana se deu inicialmente sobre os Latossolos Vermelhos, dominantes na região e relacionados a relevos aplainados, amplos e de baixos declives com aptidão agrícola regular a alta (classes 1,2 e 3), ideais para a cultura da cana-de-açúcar, mas, desde 2010, avança sobre áreas frágeis, de baixa aptidão e com algum tipo de restrição (classes 4, 5 e mesmo 6), as quais apresentam deficiências físicas dos solos, impedimentos à mecanização, alto potencial erosivo ou por serem Áreas de Preservação Permanente/Unidades de Conservação, o que é muito preocupante;
3. O avanço da cultura canavieira para essas áreas com menor aptidão agrícola ocorreu, predominantemente, no período que se esgotam os efeitos herdados do PROÁLCOOL, mas que antecede o Plano Nacional de Agroenergia, o que se atribui à transição entre o PROÁLCOOL e o PNA quando houve um enfraquecimento das políticas ambientais do setor, possibilitando a ocupação de áreas restritas;
4. O uso de áreas frágeis pode induzir uma série de impactos ambientais negativos para a região, dentre eles, a erosão (solos menos aptos e de elevada

erodibilidade) e a consequente degradação de ecossistemas naturais, pois não são áreas para uso agrícola intensivo e tampouco o canavieiro, pois que o custo de produção poderá aumentar com fertilização, técnicas de controle preventivo de erosão e contaminação (vinhaça e defensivos) e outras;

5. A discrepância ou conflito de uso do solo sobre áreas frágeis reforça a ineficácia das políticas públicas e a forte relação com os benefícios logísticos e proximidade com os complexos industriais instalados no começo dos anos 2000, o que pode induzir pressões ambientais sobre os recursos naturais e reforça a tendência neoliberal reinante na economia brasileira e, em particular, no setor do agronegócio;

6. O roteiro do avanço recente da cana numa primeira fase (antes de 2008) repete o mesmo roteiro percorrido pelos grãos, sobretudo a soja, associado à expansão da Fronteira Agrícola da década de 1970, marcada por reconversão de uso soja-cana. Em uma segunda fase, após 2008, o avanço revela mudança de padrão, voltado para áreas com solos menos aptos, considerados frágeis, configurando-se como o novo padrão que resultaria mais dos benefícios econômicos derivados da logística e das políticas públicas, baseados no reaproveitamento de áreas de pastagens, do que na produção e produtividade;

7. A expansão da cana-de-açúcar sobre áreas frágeis, ainda que pequena, expõe conflitos com o paradigma da produção limpa ou MDL – Modelo de Desenvolvimento Limpo ao impactar variáveis ambientais. A exploração de forma não sustentável, pode comprometer a competitividade do etanol brasileiro no mercado nacional e global em curto e médio prazo, caso persista este cenário.

8. Os indicadores de conflito de uso dos solos formulados para a área mostram concentração de máxima discrepância de 11,27% em 1985, de média discrepância em acima de 20% a partir de 1995 e de baixa discrepância também acima de 20%, com ligeira queda em 2013 para 18,73%, nula discrepância acima de 50%, com exceção 2010 que cai para 47, 49%. Ou seja, globalmente a região não apresenta discrepância generalizada, ao contrário;

9. Observou-se que quanto aos impactos diretos e indiretos a cana impactou diretamente as áreas agrícolas e secundariamente as pastagens, fazendo-as e se deslocarem embora dentro da mesma região; a maior parte dos impactos diretos sobre os remanescentes do Cerrado através de desmatamentos de Cerrado relaciona-se ao avanço de pastagens e, em menor escala, à produção sucroalcooleira.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 21 de Julho de 2013.

BARBALHO, M.G.S. **Processos Erosivos Lineares nas Bacias do Rio Claro e dos Bois, Afluentes do Rio Araguaia no Estado de Goiás: relações com a cobertura vegetal e uso das terras.** 2010. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)-Doutorado Interdisciplinar, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BARBALHO, M.G.S; SILVA, A.A; CASTRO, S.S. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 29, p. 98-110, set. 2013. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/images/online/Materia_8_artigos365.pdf>. Acesso em: 28 Mar. 2014.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Ícone, 1985. 355 p.

BORGES, V.M.S. **Formação de Uma Nova Centralidade do Setor Energético em Goiás: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás.** 2011, 238 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

CAMELINI, J.H; CASTILHO, R.; Etanol e o Uso Corporativo. **Revista Mercator.** Fortaleza, v. 11, n. 25, p.7-18, mai/ago 2012. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/722>>. Acesso em 24 de Agosto de 2012.

CASTRO, S.S et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia.** Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg>>. Acesso em: 02 de jun. de 2013.

CASTRO, S.S, BORGES, R. O, SILVA, A.A. da, BARBALHO, M. G. da S. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In: II Fórum de C&T no Cerrado, 2007, Goiânia. Artigo completo. Goiânia: Sociedade Brasileira de Pesquisa Científica, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FERRAZ, R.P.D, SIMÕES, M. DUBREUIL, V. Avaliação da sustentabilidade hídrica da cultura canavieira através do uso de indicadores extraídos de modelos espaciais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais.** São Paulo, n° 29, v. 30, Set. de 2013. Disponível em: <<http://www.rbciamb.com.br/publicacoes3.asp>>. Acesso em: 13 de set. de 2014.

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. (2005) **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal.** Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 67 p.

LIMA, D.A.L.L. **Estrutura e Expansão da Agroindústria Canavieira no Sudoeste Goiano: impactos no uso do solo e na estrutura fundiária a partir de 1990.** 2010, 248 f,

Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico)-Universidade de Campinas, Campinas, 2010.

MACEDO, I. C. (org) (2005). **A Energia da Cana-de-Açúcar** – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. 2ª ed. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, São Paulo, 2007, 235 p.

MANZATTO, et. al. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar: expandir a produção, preservar a vida e garantir o futuro**. EMBRAPA Solos. 1.ed. Rio de Janeiro, 2009, 55 p.

PIETRAFESA, J.P; CASTRO, S.S; TRINDADE, S.P. A crescente produção sucroalcooleira em áreas de cerrado e o Estado de Goiás: contribuições ao estudo sobre indicadores. In: FRANCO, J.L.A, et al. **História Ambiental : fronteiras, recursos naturais, e conservação da natureza**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2012, p: 311-332.

PIETRAFESA, J.P; SAUER, S; SANTOS, A.E.A.F. Políticas de Recursos Públicos na Expansão dos Agrocombustíveis em Goiás: ocupação de novos espaços em áreas de cerrado. In: PIETRAFESA, J.P; SILVA, S.D. **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza**. 1ª ed. Goiânia: PUC, 2011, p.93-122.

RAMALHO F, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1995. 65p.

REATTO, A; et. al. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos In: SANO, S.M; ALMEIDA, S.P; RIBEIRO J.F. **Cerrado Ecologia e Flora**. Brasília, Embrapa Informação tecnológica, 2008. Cap. 5. p. 107-150 . ISBN 978-85-7383-397-3.

RIBEIRO, J.F; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M, ALMEIDA, S.P, RIBEIRO, J.F. **Cerrado Ambiente e Flora**. 2ª ed. Planaltina: Embrapa, 1998, p. 89-116. ISBN 978-85-7383-397-3

SIEG-Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso em 25 de Setembro de 2012.

VALERIANO, M, M; ALBUQUERQUE, P, C, G. **Topodata: Processamento dos dados SRTM**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010, 79p. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2010/05.10.18.42/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 30 Junho de 2013.

XIMENES, F. T. S. Subsídios Metodológicos para o Controle Preventivo da Erosão Urbana. Revista Geosul (UFSC), Florianópolis -SC, v. 19, n.27, p. 35-41, 1998.

Conclusões Gerais

Considerando a proposta desta tese, como sendo a de analisar a dinâmica espaço-temporal da expansão sucroalcooleira no Sudoeste Goiano, no período de 1985 a 2013, selecionado em virtude da sua expansão no estado de Goiás, e das suas relações, especialmente com os solos, sua aptidão agrícola e os graus de discrepância de uso, promovendo impactos diretos e indiretos associados aos indicadores de conflitos de usos, os resultados obtidos permitiram concluir o que segue.

Inicialmente, com base nos dados desenvolvidos por meio dos mapeamentos temporais, partiu-se da constatação de que o aumento da área cultivada com cana-de-açúcar no estado de Goiás concentrou-se na sua região Sudoeste Goiano, devido características edafoclimáticas favoráveis. A concentração deu-se no período de 1985 a 2013, quando apresentou uma dinâmica marcada por forte incremento ao praticamente triplicar a sua área de cultivo, ao passar de 7.677,88 ha em 1985 para 25.356,45 ha em 1995, e ao dobrar sua área em 2005 quando abrange 50.838,37 ha, mas depois voltar a triplicar em 2010 quando alcança 143.729,53 ha e finalmente ultrapassar o dobro em 2013, quando cobre 340.832,82 ha. Correspondeu, assim, a uma taxa de crescimento de 193,04% entre 1985 e 1995, reduzindo para 50,12% entre 1995 e 2005, elevando para 64,64% entre 2005 e 2010 e finalmente com 57,83% entre 2010 e 2013.

Tais taxas de crescimento puderam ser agrupadas em dois períodos distintos. Um primeiro que correspondeu ao período de vigência do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), manifesto, sobretudo, de 1985/1995, com certo atraso em relação ao restante do País, especialmente a região Sudeste que se tornou a líder no setor. E o segundo a partir dos anos 2000, especialmente a partir de 2005/2010, que marca uma nova expansão canavieira que vem sendo relacionada ao Plano Nacional de Agroenergia (PNA) e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE-Cana), para o estado de Goiás.

Assim, em relação às possíveis explicações para esse fenômeno, como expresso nas hipóteses levantadas neste trabalho, pode-se concluir o que segue:

➤ Em 1985/1995 a cana-de-açúcar substituiu cerca de 17.000,00 ha de área agrícola contra 1.362,72 ha de pastagens e 5.555,27 ha de vegetação nativa; em 1995/2005 substituiu 27.186,95 ha de culturas anuais e avançou sobre 8.902,76 ha de pastagens e 9.147,03 ha de vegetação natural; em 2005/2010 avançou 75.784,34 ha para áreas de agricultura e 37.659,83 ha sobre as de pastagens e 21.347,40 ha sobre áreas de vegetação nativa; por fim, nos anos de 2010/2013, grande parte do avanço

canavieiro ocorreu, novamente, sobre área agrícola, da qual substituiu cerca 136.331,30 ha de culturas anuais, enquanto substituiu 105.943,93 ha de pastagens e 40.944,70 de vegetação nativa;

➤ Portanto, a cana-de-açúcar avançou inicialmente sobre as melhores áreas agrícolas do Sudoeste Goiano, onde substituiu culturas anuais, sobretudo ocupadas para a produção de grãos, associada aos grandes Complexos Agroindustriais (CAIs) regionais e mesmo estaduais, contrariando as políticas públicas do setor, principalmente o PNA;

➤ O processo consolidou o Sudoeste Goiano como a principal região produtora de cana-de-açúcar a partir de 2010, respondendo por mais de 50% da produção canavieira (t/ha), do Estado, embora não tenha ultrapassado o binômio carne/grãos nem em área ocupada e nem em importância econômica, tampouco alcançou o valor total de área com potencial de cultivo estimado pelo ZAE-Cana do Estado, de cerca de 12 milhões de hectares, pois que não chegou a 1 milhão de hectares em 2013, cujas razões estão certamente associadas a outras variáveis e foge ao escopo desta tese;

➤ A dinâmica da expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano obedeceu o mesmo modelo desde o PROÁLCOOL, ou seja, avançou notadamente para áreas de culturas anuais e secundariamente sobre áreas de pastagens, sobre solos com elevada a moderada aptidão agrícola;

➤ A substituição direta de culturas anuais e pastos pela cana-de-açúcar, e a indireta, desencadeada por esse processo ao promover o deslocamento das culturas anuais que cederam lugar à cana para os pastos ou culturas anuais sobre áreas com remanescentes do Cerrado que ainda podiam ser legalmente desmatadas, sendo que permitiram considerar as primeiras como impactos diretos e as segundas como indiretos durante o período analisado;

➤ Essa dinâmica de expansão canavieira caracteriza, por outro lado, uma disputa inicial das melhores áreas agrícolas e corrobora com o modelo agroexportador, contribuindo ainda para consolidar o Sudoeste Goiano em uma importante área concentradora do agronegócio no Estado e no País, confirmando outros autores que vem estudando a expansão canavieira;

➤ Constatou-se uma grande concentração canavieira inicialmente na porção leste da região, caracterizada como difusora, representada pelos municípios de Santa Helena de Goiás, Turvelândia, Maurilândia, Santo Antônio da Barra, Gouvelândia, Montividiu, Rio Verde e Quirinópolis, onde se concentra grande parte da produção sucroalcooleira, desde o PROÁLCOOL, onde justamente dominam os Latossolos Vermelhos argilosos que correspondem aos solos de melhor aptidão agrícola;

- Comprovou-se, entretanto, que esgotada a oferta dessas melhores terras, onde houve um sucessivo reordenamento dos usos, a cana-de-açúcar começou a avançar para áreas de menor aptidão agrícola, onde dominam solos frágeis, cuja aptidão é para pastagens ou para preservação ambiental, concentradamente nos municípios de Mineiros e Serranópolis, na porção oeste da região Sudoeste, oposta à primeira do leste-nordeste, caracterizando uma área de expansão convergente;
- Essa mudança de padrão espacial difusor para convergente foi interpretado como resultante de outras vantagens competitivas, como a oferta logística, o preço da terra e a estratégia geopolítica do setor, em que pese o fato da expansão estar gerando conflitos de uso das terras em diferentes graus;
- Aproximadamente 10% da cana-de-açúcar do Sudoeste Goiano já se encontra nessas áreas de solos frágeis, onde dominamos Neossolos Quartzarênicos órticos, essencialmente arenosos, não férteis e altamente suscetíveis à erosão e a desertificação induzida, além da contaminação de freático e outros problemas ambientais, como relatado na literatura, aumentando o potencial degradador do uso destas áreas antes ocupadas por pastagens e remanescentes do Cerrado, com uma área de cerca de 40.000 ha em 2013;
- Nesse ano de 2013 já se registou cerca de 7.778,00 ha de cana-de-açúcar cultivada nessas áreas com restrições ambientais, incluindo as de remanescentes da vegetação nativa, embora com tendência de queda, contrariamente ao aumento da cana em áreas de solos frágeis, o que demanda grande atenção, devido aos impactos ambientais diretos e indiretos que esse uso intensivo pode causar;
- Os indicadores de discrepância de uso dos solos mostraram que o processo de expansão canavieira predominou de início em áreas de discrepâncias Nulas e Baixas, onde os valores de ocupação foram, aproximadamente de 50% da área com culturas anuais, fato interpretado como devido a maiores facilidades de reconversão de uso do solo já preparado, menores investimentos nas práticas agrícolas e maiores rentabilidades; contudo, as atividades agrícolas em áreas com aptidão Moderada e Baixa, inclusive de cana-de-açúcar, apresentaram valores de discrepância que passaram de 14% em 1985 para 28,5% em 1995, que embora tenham reduzido para 22,5% em 2005, voltaram a subir para 27% em 2010 e 28,5% em 2013, retomando o valor inicial, o que reforça a interpretação de aumento dos impactos ambientais diretos e indiretos do setor sucroalcooleiro relacionado à sua expansão para áreas frágeis;
- Todas as análises e conclusões ora alcançadas e acima relatadas só foram possíveis graças ao uso de geotecnologias, como imagens de satélite Landsat, gratuitas depositadas no sítio do INPE e de Sistemas de Informações Geográficas, no caso o SPRING, ENVI e o ARCGIS, além de tratamentos estatísticos adequados, com

uso da Anova Fatorial e da Análise de Componentes Principais, associadas ao método de análise espacial de mudanças de uso dos solos adotado na pesquisa, amparado por fontes secundárias de dados espaciais e estatísticos, além de bibliográficas, sobretudo teóricas relativas ao tema de expansão da fronteira agrícola, do modelo agroexportador, do agronegócio e de formação dos complexos agroindustriais;

Em síntese, o avanço do setor sucroalcooleiro no Sudoeste Goiano materializou o mesmo padrão de conversão agrícola amplamente utilizado pelo setor agroexportador brasileiro, baseado em *commodities* agrícolas, confirmado pela lógica da dinâmica da expansão canavieira, a qual não apenas reafirma os mesmos padrões espaciais desde o PROÁLCOOL até recentemente, contudo também já revela mudança recente de padrão espacial devido incorporação de áreas de solos frágeis, entrando em claro conflito com o discurso conservacionista do setor sucroalcooleiro que declara compartilhar dos preceitos do desenvolvimento sustentável, de energia limpa e outros.

Nesse sentido cabe ressaltar que a matriz energética proposta pelo governo brasileiro, com base na matriz renovável da cana-de-açúcar, oferece grande potencial para compor um novo modelo energético mundial. Esta também oferece importantes oportunidades econômicas e de integração social ao Brasil diante da substituição gradual do petróleo por matrizes energéticas, como as renováveis, no cenário mundial. Porém, a forma como a que vem ocorrendo muito recentemente, principalmente desde 2010, no Sudoeste Goiano, sobre solos frágeis, pode comprometer os benefícios da Agroenergia, pois afeta o uso sustentável do solo.

Nesse sentido, o modelo de energia renovável brasileiro deve ser reformulado para se tornar uma proposta moderna e integradora, contemplando um novo conceito de desenvolvimento com base na sustentabilidade para o século XXI.

ANEXOS

Anexo A- Guia referencial para avaliação da aptidão agrícola do uso das terras em regiões de clima tropical-úmido.

Aptidão Agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo ABC															
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Susceptibilidade à Erosão			Impedimentos à Mecanização			Tipo de Utilização
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	<u>N/L1</u>	N2	L/M	L/M	L/M	L	<u>L1</u>	N/L1	L/M	N/L1	N2	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	<u>L1</u>	<u>L2</u>	M	M	M	M	<u>M1</u>	<u>L2</u>	M	<u>M1</u>	N2/L2	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	M/F	M/F	M/F	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	F	<u>M1</u>	<u>L2</u>	F	M/F	M	
4	4P	Boa		<u>M1</u>			M			<u>F1</u>			<u>M/F1</u>			M/F		Pastagem plantada
	4p	Regular		<u>M1/F1</u>			M/F			<u>F1</u>			<u>F1</u>			F		
	4(p)	Restrita		<u>F1</u>			F			<u>F1</u>			<u>M/F</u>			F		
5	5S	Boa		<u>M/F1</u>			M			<u>L1</u>			<u>F1</u>			M/F		Silvicultura e/ou pastagem natural
	5s	Regular		<u>F1</u>			M/F			<u>L1</u>			<u>F1</u>			F		
	5(s)	Restrita		MF			F			<u>L/M1</u>			<u>M/F</u>			F		
	5N	Boa	M/F				M/F			<u>M/F</u>			F			MF		
	5n	Regular	F				F			F			F			MF		
	5(n)	Restrita	M/F				M/F			F			F			MF		
6	6	Sem aptidão agrícola e Restrições Ambientais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Preservação da flora e da fauna

Fonte: Filho, R. Beek, 1995

Grau de limitação: N- Nulo; L-Ligeiro; M- Moderado; F-Forte; I-Indeterminado

Notas: a) Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras

b) Terras sem aptidão para lavouras em geral, que devido ao excesso de água podem ser indicadas para arros de inundação;

c) No caso de grau forte de susceptibilidade à erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior do que ligeiro a moderado para a classe restrita 3(a)

d) A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.

APÊNDICES

Apêndice A- Quadro de Avaliação da Aptidão Agrícola em Relação aos Solos.

Classes de Solos	Deficiência de Fertilidade	Excesso ou Deficiência de Água	Suscetibilidade de à Erosão	Impedimento à Mecanização	Classes de Declividade	Classes de Aptidão	
						Grupo	Subgrupo
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	F	N	M	L	0-6	2	2ab(c)
	F	N	F	L	6-12	2	2ab(c)
	F	N	F	F	12-20	3	3 (ab)
	F	N	MF	MF	20-45	4	4(p)
	F	N	MF	MF	>45	6	6
					Restrição Ambiental	6	6
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	N	M	N	N	0-6	1	1bC
	N	M	M	L	6-12	1	1bC
	N	M	M	F	12-20	2	2a(b)
	N	M	F	MF	20-45	4	4(p)
	N	M	F	MF	>45	6	6
					Restrição Ambiental	6	6
Cambissolo Hápico	M	M	F	L	6-12	4	4(p)
	M	M	MF	F	12-20	5	5 sn
	M	M	MF	MF	20-45	5	5 (sn)
	M	M	MF	MF	>45	6	6
					Restrição Ambiental	6	6
Gleissolo Hápico	N	F	N	N	0-6	2	² ab(c)
	N	F	L	L	6-12	2	² ab(c)
	N	L	L	M	12-20	2	2a(b)
	N	L	M	M	20-45	3	3(ab)
					Restrição Ambiental	6	6
Latossolo Vermelho Ácrico	M	M	N	N	0-6	2	2bC
	M	M	L	L	6-12	2	2bc
	M	M	L	L	12-20	2	² ab(c)
	M	M	M	M	20-45	2	2 ab
					Restrição Ambiental	6	6
Latossolo Vermelho Acriférico	M	M	N	L	0-6	2	2bC
	M	M	L	L	6-12	2	2bc
	M	M	L	L	12-20	2	2ab(c)
	M	M	M	F	20-45	2	2(ab)
					Restrição Ambiental	6	6
Latossolo Vermelho Distroférico	M	M	N	L	0-6	2	2 bC
	M	M	L	L	6-12	2	2 bc
	M	M	L	L	12-20	2	2ab(c)
	M	M	M	F	20-45	2	2a(b)
					Restrição Ambiental	6	6

Latossolo Vermelho Distrófico	M	M	N	N	0-6	2	2bC
	M	M	L	L	6-12	2	2bc
	M	M	L	L	12-20	2	2ab(c)
	M	M	M	F	20-45	2	2a(b)
					Restrição Ambiental	6	6
Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico	M	M	N	N	0-6	2	2bC
	M	M	L	L	6-12	2	2bc
	M	M	L	L	12-20	2	2ab(c)
	M	M	M	F	20-45	2	2a(b)
					Restrição Ambiental	6	6
Latossolo Vermelho- Amarelo Eutrófico	N	M	N	N	0-6	1	1bC
	N	M	L	L	6-12	1	1bC
	N	M	M	L	12-20	2	2ab(c)
	N	M	M	F	20-45	2	2(ab)
					Restrição Ambiental	6	6
Neossolo Flúvico Distrófico	M	F	F	F	0-6	6	6
	M	F	F	F	6-12	6	6
	M	F	MF	F	12-20	6	6
					Restrição Ambiental	6	6
Neossolo Litólico Distrófico	M	M	F	F	6-12	4	3(ab)
	M	M	MF	F	12-20	5	4(p)
	M	M	MF	MF	20-45	5	5(s)
	M	M	MF	MF	>45	6	6
					Restrição Ambiental	6	6
Neossolo Quartzarênico Órtico	M	L	F	N	0-6	4	4p
	M	M	F	L	6-12	4	4p
	M	M	MF	M	12-20	5	5s
	M	F	MF	M	20-45	5	5s
					Restrição Ambiental	6	6
Nitossolo Vermelho Eutrófico	N	N	N	N	0-6	1	1ABC
	N	N	L	L	6-12	1	1ABC
	N	N	L	M	12-20	1	1ABc
	N	N	M	F	20-45	1	1A(b)
					Restrição Ambiental	6	6
Nitossolo Vermelho Eutrófico	N	N	N	N	0-6	1	1ABC
	N	N	L	L	6-12	1	1ABC
	N	N	L	M	12-20	1	1ABc
	N	N	M	F	20-45	1	1A(b)
					Restrição Ambiental	6	6